平成２１年度
屋外のアーク溶接作業等に係る粉じんばく露防止対策等報告書

平成２２年３月

中央労働災害防止協会
労働衛生調査分析センター

はじめに

じん肺対策に関しては、昭和３５年のじん肺法（昭和３５年法律第３０号）の制定、昭和５４年の粉じん障害防止規則（昭和５４年労働省令第１８号）の制定、さらには同規則が全面施行された昭和５６年以降、同規則の周知徹底及びじん肺法との一体的運用を図るため、これまで７次にわたる「粉じん障害防止総合対策」が推進されてきているところである。

その結果、粉じん障害防止総合対策が開始される直前の昭和５５年当時、6,842 人であったじん肺新規有所見労働者の発生数は、その後大幅に減少し、平成２０年には、244 人となる等、対策の成果はあがっているものの、近年においては横ばい傾向となっている。

屋外でのアーク溶接作業及び金属等の研ま作業に対する粉じん障害防止対策については、粉じん障害防止対策の検討のための調査研究班が平成１９年７月に取りまとめた「粉じん障害防止対策の課題と方向性について」において、今後検討が必要であるとされており、平成２０年度より開始された第７次粉じん障害防止対策総合対策においても、実態を把握した上、必要な検討を行うとされている。

また、屋外のアーク溶接作業及び金属等の研ま作業の粉じん濃度の調査については、平成２１年３月に取りまとめられた「平成２０年度屋外のアーク溶接作業及び金属等研ま作業に係る調査研究報告書」において行われている。

このため、本委員会では、これらのことを踏まえ、屋外のアーク溶接作業及び金属等の研ま作業の粉じん濃度のさらなる実態調査を行い、粉じんばく露防止対策の検討に際して必要なデータを収集し、その粉じんばく露防止対策等の検討を行ったものである。

本報告書をまとめるに当たり御協力をいただきました委員各位及び実態調査の場を御提供いただきました事業場の担当者各位に、深謝申し上げます。

平成２２年３月

屋外のアーク溶接作業等に係る
粉じんばく露防止対策等検討委員会
委員長　　名古屋　俊士
（早稲田大学理工学術院　教授）

委員名簿

（五十音順　敬称略　◎委員長）

＜委員＞

岩崎　毅　　　興研株式会社　労働衛生コンサルタント事務所　所長

小笠原　仁夫　(社)日本溶接協会　技術アドバイザー

齋藤　光和　　清水建設株式会社　安全環境本部安全部　部長

杉本　浩明　　三菱重工業株式会社　人事部安全衛生グループ　グループ長

鷹屋　光俊　　（独）労働安全衛生総合研究所　研究企画調整部　上席研究員

◎名古屋　俊士　早稲田大学　理工学術院教授

山田　比路史　株式会社重松製作所　社長室　室長

吉田　勉　　　名城大学薬学部　臨床医学研究室　教授

＜厚生労働省＞

労働基準局　安全衛生部　労働衛生課

＜事務局＞

中央労働災害防止協会　労働衛生調査分析センター

委員会開催状況

１．平成２１年１０月１９日（月）

　第１回委員会

（１）委員会の設置目的及びその業務について

（２）実態調査の項目及び調査対象について

（３）粉じんばく露防止対策の作成について

（４）今後のスケジュール

（５）その他

２．平成２２年１月２６日（火）

　第２回委員会

（１）実態調査の経過報告について

（２）報告書（案）について

（３）今後のスケジュール

（４）その他

３．平成２２年２月２６日（金）

　第３回委員会

（１）報告書内容の検討と確認

（２）その他

目　次

１．　目的

本事業の目的は、屋外におけるアーク溶接作業等及び金属等の研ま作業に係る粉じん作業の実態を把握し、粉じん障害等を防止するための対策を検討することである。

そのために、屋外でのアーク溶接作業、ガウジング作業、ガス溶断作業、金属研磨作業及び岩石の研削等作業を行う作業者の呼吸器近くに個人サンプラーを装着し、当該作業時の粉じん濃度の測定を行い、粉じんばく露の実態を把握することとした。同時に、粉じん濃度の測定対象者に、呼吸用保護具の着用状態、点検・管理の状況等についての聞き取り調査を行い、その実態を調査した。

以上の調査により、各作業時の粉じん濃度、呼吸用保護具の着用状況が明らかになった。

また、粉じん障害防止の観点から、専門家（委員）によるアーク粉じん、金属研ま粉じん及び岩石粉じんの特性を解説した。次いで、これらの粉じんの労働衛生工学的な発じん防止対策、有効な呼吸用保護具及び健康診断を中心に今後の健康管理について取りまとめた。

これら実態調査及び文献調査等の結果から、屋外におけるアーク溶接作業及び金属等の研ま作業時の粉じんばく露防止対策を提案することができた。

２．　粉じん作業実態調査の概要

（１）粉じん作業実態調査実施日及び調査対象事業場

屋外のアーク溶接作業及び金属等の研ま作業に係る粉じん作業の実態を把握するために、粉じん用の個人サンプラー（LD-6N 粉じん計）を使用して、「屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドライン（平成 17 年 3 月 31 日付基発 0331017 号)」(以下「屋外測定のガイドライン」という。参考資料）に従い、粉じん濃度の測定を表 1 のとおり実施した。

表 1．粉じん作業実態調査実施日及び調査対象事業場等

事業場名	業種	調査日時	天候		温・湿度、気流	調査対象人数（名）
A 事業場	建築工事業	平成 21 年 12 月 4 日	AM	晴	12.2℃、62% 4.5 m/s	3
			PM	晴	16.7℃、45% 0.31～0.53 m/s	
B 事業場	土木工事業	平成 21 年 12 月 16 日	AM	晴	6.9℃、56% 1.4 m/s	6
			PM	晴	9.8℃、54% 0.30～0.47 m/s	
C 事業場	造船業	平成 22 年 1 月 14 日	AM	雪	0.9℃、72% 0.39～0.52 m/s	9
			PM	雪	3.1℃、65% 1.52～1.95 m/s	
		平成 22 年 1 月 15 日	AM	曇	6.8℃、85% 0.48～0.59 m/s	7
			PM	曇	6.4℃、85% 2.35～3.35 m/s	
D 事業場 （1 部参考：1 面開放屋内作業場）	採石・石材加工業	平成 22 年 1 月 28 日	AM	晴	9.5℃、65% 2.1 m/s	9
			PM	晴	13.7℃、49% 0.20～0.45 m/s	
E 事業場 (参考：屋内作業場)		平成 22 年 1 月 29 日	AM	曇	6.1℃、73% 0.23～0.35 m/s	6
			PM	曇	7.8℃、67% 0.21～0.35 m/s	

注）屋外作業場とは、屋内作業場（昭和 54 年 7 月 26 日基発第 382 号「労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令及び粉じん障害防止規則の施行について」の第 3 の 4(1)に規定するもの)、坑（同第 3 の 5(1)に規定するもの）内作業場を除く作業場におけるアーク溶接等を行う作業を粉じん作業実態調査の対象とした。

（２）粉じん作業実態調査事業場及び対象作業

各事業場の屋外に係る粉じん作業の実態調査の対象作業は、表 2 のとおりである。

表 2. 粉じん作業実態調査の対象作業等

事業場	調査日	作業名	作業内容
A 事業場	平成 21 年 12 月 4 日	溶接	被覆アーク溶接
B 事業場	平成 21 年 12 月 16 日	溶接	被覆アーク溶接
C 事業場	平成 22 年 1 月 14 日	溶接	被覆アーク溶接
			炭酸ガス半自動アーク溶接
		研ま	手持ｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ（電動）による金属の研ま
		溶断	ガス溶断
		ガウジング	アークを用いるガウジング
		雑務	玉掛け作業
	平成 22 年 1 月 15 日	溶接	被覆アーク溶接
		研ま	手持ｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ（電動）による金属の研ま
		溶断	ガス溶断
		ガウジング	アークを用いるガウジング
D 事業場	平成 22 年 1 月 28 日	穿孔	自動穿孔機（ﾄﾞﾘﾙ）による岩石の穿孔
		削孔	チッピングハンマー（鏨）による削孔
参考		研削	手持ｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ、高速切断機（電動）による加工
E 事業場参考	平成 22 年 1 月 29 日	ビシャン	ハンマ、手持ハンマ（圧搾空気）、設備機械による表面加工

（３）粉じん作業実態調査の作業条件及び作業場所

各事業場における粉じん作業の実態調査における作業者別の作業は表３のとおりである。

表３．粉じん作業の実態調査の作業者別の作業

事業場名	調査日時	作業者	作業内容	作業概要
A 事業場	12 月 4 日	A-1	被覆アーク溶接	天井の折板溶接作業
		A-2	被覆アーク溶接	天井の折板溶接作業
		A-3	被覆アーク溶接	天井の折板溶接作業
B 事業場	12 月 16 日	B-1	被覆アーク溶接	覆工板の仕上げ作業
		B-2	被覆アーク溶接	覆工板の仕上げ作業
		B-3	被覆アーク溶接	アングルの組立作業
		B-4	被覆アーク溶接	覆工板の補修作業
		B-5	被覆アーク溶接	覆工板の補修作業
		B-6	被覆アーク溶接	アングルの組立作業
C 事業場	1 月 14 日	C-1	手持ちグラインダーによる金属の研ま	建造船のデッキ床面研ま作業
		C-2	手持ちグラインダーによる金属の研ま	建造船の屋上面研ま作業
		C-3	玉掛け作業	建造船デッキの清掃作業、クレーン運転
		C-4	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機によるｶﾞｽ溶断	建造船のデッキ壁面支柱ガス溶断作業
		C-5	被覆アーク溶接	建造船のデッキ壁面溶接作業
		C-6	炭酸ガス半自動アーク溶接	建造船の屋上面溶接作業
		C-7	アークを用いるガウジング	建造船の船底ガウジング作業
		C-8	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機によるｶﾞｽ溶断	総組場の船体ブロック側面のガス溶断作業
		C-9	手持ちグラインダーによる金属の研ま	総組場の船体ブロック側面の研ま作業
	1 月 15 日	C-10	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機によるｶﾞｽ溶断	建造船のデッキ床面の金具ガス溶断作業
		C-11	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機によるｶﾞｽ溶断	総組場の船体ブロックの金具ガス溶断作業
		C-12	手持グラインダーによる金属の研ま	総組場の船底研ま作業
		C-13	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機によるｶﾞｽ溶断	総組場の船体ブロック支柱ガス溶断作業
		C-14	手持グラインダーによる金属の研ま	総組場の船体ブロック研ま作業
		C-15	アークを用いるガウジング	総組場の船体ブロックガウジング作業
		C-16	被覆アーク溶接	建造船の船底溶接作業
D 事業場 （1 部参考: 1 面開放屋 内作業場）	1 月 28 日	D-1	自動穿孔機による穿孔	切り出し作業場における穿孔作業
		D-2	手持ちｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ、ﾀﾞｲﾔﾓﾝﾄﾞｶｯﾀｰによる研削	1面開放の屋内作業場での石材の研削作業
		D-3	ﾁｯﾋﾟﾝｸﾞﾊﾝﾏｰによる削孔	原石の小割（削孔）作業
		D-4	自動穿孔機による穿孔	切り出し作業場における穿孔作業
		D-5	手持ちｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ、ﾀﾞｲﾔﾓﾝﾄﾞｶｯﾀｰによる研削	1面開放の屋内作業場での石材の研削作業
		D-6	ﾁｯﾋﾟﾝｸﾞﾊﾝﾏｰによる削孔	原石の小割（削孔）作業
		D-7	手持ちｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ、ﾀﾞｲﾔﾓﾝﾄﾞｶｯﾀｰによる研削	1面開放の屋内作業場での石材の研削作業
		D-8	ﾁｯﾋﾟﾝｸﾞﾊﾝﾏｰによる削孔	原石の小割（削孔）作業
		D-9	ﾁｯﾋﾟﾝｸﾞﾊﾝﾏｰによる削孔	原石の小割削孔）作業
E 事業場 （参考:屋 内作業場）	1 月 29 日	E-1	ﾋﾞｼｬﾝ加工機、ﾊﾝﾏｰ等によるﾋﾞｼｬﾝ加工	屋内の石材のビシャン加工作業
		E-2	ﾆｭｰﾏｰ、ﾀｰﾋﾞﾝｸﾞ等による研削	屋内の石材の研削作業
		E-3	ﾆｭｰﾏｰ、ﾀｰﾋﾞﾝｸﾞ等による研削	屋内の石材の研削作業
		E-4	ﾋﾞｼｬﾝ加工機、ﾊﾝﾏｰ等によるﾋﾞｼｬﾝ加工	屋内の石材のビシャン加工作業
		E-5	ﾆｭｰﾏｰ、ﾀｰﾋﾞﾝｸﾞ等による研削	屋内の石材の研削作業
		E-6	ﾆｭｰﾏｰ、ﾀｰﾋﾞﾝｸﾞ等による研削	屋内の石材の研削作業

（４）個人サンプラー（LD-6N 粉じん計）を用いた粉じんのばく露濃度測定

事業場の各調査対象作業場所において代表的な作業（質的・時間的）を行う作業者を選定し、粉じんに係る実態調査の対象者とした。選定された作業者は、屋外測定のガイドラインに準じてばく露濃度測定を行った。

ばく露濃度の測定は、参考写真１に示したように、個人サンプラー（ＬＤ－６Ｎ）を該当作業者の右肩に固定し、ポンプユニットとデータロギングユニットを作業者の腰部に装着して､研ま作業等が行われている時間帯(最大の発じんが予想される作業時間を含む時間帯)についての測定を行った。

ア　測定概要

LD－6N 粉じん計の概観は参考写真２に示すとおりで、「4μm 50%cut」の分粒特性を持つ個人サンプラーNWPS-254 型の分粒装置部分とデータロギング機能を有する LD-6N 型粉じんにろ紙ホルダーと吸引ポンプを取り付けた組み合わせた仕様で、相対濃度と質量濃度を同時に測定できる個人サンプラーである。

吸入性粉じんの質量濃度は 25mmφグラスファイバーろ紙（T60A20）に粉じんを捕集した後、その質量を秤量し、採気量で除し、粉じん濃度を求めた。

また、粉じん濃度の測定時間内の推移は、粉じんの相対濃度（LD-6N）をロギングユニットに記録し、毎秒あたりのカウント(c/秒､CPM)に質量濃度換算係数(Ｋ値)を乗じて求めた。K 値の算出式は以下のとおりである。

Ｋ値＝C（mg／m^3）／R（cpm）

イ　粉じんの作業環境測定の結果の評価

粉じんにかかるばく露濃度の測定結果の評価のための基準値は、屋外測定のガイドライン別表１の１（参考資料参照）に示された管理濃度を用いた。管理濃度は、管理濃度の算出式に、アーク溶接作業、金属研ま作業等では Q=0（遊離けい酸含有率%）を代入し、3.0mg/m^3 とした。石材等研削作業等は、X 線回折定量法で求めた遊離けい酸含有率Ｑ値を式に代入して求めた。

ばく露濃度の測定結果は、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定値が管理濃度未満であれば「管理区分１：特段の措置を要しない」、管理濃度を超えていれば「管理区分２：作業環境管理及び作業管理によって粉じん濃度を低減する」との評価を与えた。

参考写真1　個人サンプラーによる測定外観

参考写真2　LD-6N 粉じん計の外観図

（５）呼吸用保護具に関する聞き取り調査

各事業場において、アーク溶接作業及び金属等の研ま作業を行う作業者に対して呼吸用保護具に関する聞き取り調査を行ったが、その調査票を表４に示す。

表４．呼吸用保護具に関する聞き取り調査票

調査日：　　　　　　　作業者名：

項　目	回　答
マスクを着用してるか	1)している　2)していない
マスクの種類	1) 取替え式防じんマスク 2) 使い捨て式防じんマスク 3) 電動ファン付き呼吸用保護具 4) 防毒マスク 5) その他（　　　　　　）
現在、使用しているフィルター・吸収缶の使用期間	1) 1週間以内 2) 1ヶ月以内 3) 3ヶ月以内 4) 6ヶ月以内 5) 1年以内 6) その他（　　　　　　）
フィルター・吸収缶の交換の判断基準	1) 汚れ 2) 臭い 3) 息苦しさ 4) 一定の使用期間を決めている 5) 交換したことがない 6) その他（　　　　　　）
マスクの弁・締め紐の点検・交換をしたことがあるか	1) ある →　どういう時にするか（　　　　　　） 2) ない
メリヤスカバーは使用しているか	1) 使用していない 2) 使用している
マスクは常時つけているか、必要に応じてつけているか	1) 常時 2) 必要に応じて →　1日の作業の中でマスクをつけている時間はどれ位か　約（　　）分
マスクの顔面への密着性を確認しているか	1) している → どのような方法でしているか（　　　　） 2) していない
マスクはどこに保管しているか	1) 個人のロッカー 2) 作業場内に放置 3) マスク専用保管箱 4) その他（　　　　　　）
マスクの選択や使用方法について会社から指導されたことがあるか	1) ある →（　　　年　　　月頃） 2) ない
屋内作業はあるか	1)ある → その場合マスクを着用しているか（している・してない）　2)ない
・作業者の性別　　　年齢 ・溶接作業に携わっている年数 ・過去の作業内容	・喫煙の有無 ・現在の業種
・以下の症状があるか 痰がよくでる、かぜをよくひく（年4回以上）、のどが渇く、鼻汁が多い、鼻がつまりやすい、	

３．粉じん作業の実態調査の結果

粉じん作業の実態調査は、4 事業場屋外作業場におけるアーク溶接等作業（20 作業者（内 1 名はアーク溶接位置周辺の作業者））、金属、石材の穿孔・削孔・研削等作業（14 作業者）、及び参考として屋内における石材の研削、ビシャン加工作業（6 作業者）について、延べ 40 名の作業者を対象に実施した。個人サンプラーによる粉じん濃度測定の結果を表 5、測定値を作業別にしたものを図 1 に示す。測定時間中には、粉じん濃度の経時的変化と 10 分間移動平均値（粉じん濃度）の推移を併せて測定した。

参考として、前年度（平成 20 年度）の屋外作業場における作業環境の測定結果を表 6、前々年度（平成 19 年度）の屋内作業場における粉じん濃度の測定結果を表 7 に示した。また、これら平成 19～21 年度の測定結果を年度別・作業別に示したものを図 2 に示す。

これより、今回（平成 21 年度）の屋外作業場での被覆アーク溶接、炭酸ガス半自動アーク溶接及びガウジング作業の粉じん濃度の測定結果は、被覆アーク溶接では、最小：0.09mg/m^3、平均：4.19mg/m^3、最大：7.78mg/m^3（N=11）、炭酸ガス半自動アーク溶接は 3.13mg/m^3（N=1）、ガウジング作業では、最小：2.12mg/m^3、平均：2.22mg/m^3、最大：2.31mg/m^3（N=2）であった。また、ガス溶断作業の測定結果は、最小：0.04 mg/m^3、平均：2.62 mg/m^3、最大：7.85 mg/m^3（N=5）、周辺作業の測定結果は 0.22 mg/m^3（N=1）となった。

次に、研ま・研削作業等について、粉じん濃度の測定結果を見ると、金属研ま作業では最小：0.31 mg/m^3、平均：0.67 mg/m^3、最大：1.21 mg/m^3（N=5）となり、石材等の穿孔・削孔作業は、最小：0.47 mg/m^3、平均：1.33 mg/m^3、最大：4.06 mg/m^3（N=6）となった。参考として測定を行った、1 面開放の屋内での研削・ビシャン加工作業では、最小：1.38 mg/m^3、平均：3.07 mg/m^3、最大：4.74 mg/m^3（N=9）となった。

作業内容別に粉じん濃度の平均値を高い順にみると、被覆アーク溶接、炭酸ガス半自動アーク溶接、ガス溶断、ガウジング、石材等の削孔・穿孔、金属の研ま作業の順となった。

また、個人サンプラーによる粉じん濃度測定の測定結果の評価では、造船の周辺作業者 1 名と屋内作業場の作業者 6 名を除いて、管理濃度を超えた者は、33 名中 18 名（55％）であった。

測定結果、遊離けい酸濃度及び管理濃度を一覧にしたものを表 8～12 に示す。石材等の穿孔、削孔、研削作業においては、気中粉じん中の遊離けい酸濃度が 38.8％、46.2％と高い含有率であったため、評価基準である管理濃度は各々0.05 mg/m^3、0.06 mg/m^3 と非常に低く設定された。したがって、D-１～９及び E-1～6（参考）の作業者は、全て評価「２」に該当となった。

表 5. 平成 21 年度に実施した屋外作業場所における粉じんの濃度の測定結果

業種	作業者	作業内容 (代表的な作業)	個人サンプラーによる粉じん濃度の測定結果(mg/m³)	屋外測定のガイドラインに基づく評価	作業概要
建築工事業	A-1	被覆アーク溶接	5.58	2	屋根取付部材の溶接作業
	A-2	被覆アーク溶接	6.21	2	屋根取付部材の溶接作業
	A-3	被覆アーク溶接	6.57	2	屋根取付部材の溶接作業
土木工事業	B-1	被覆アーク溶接	3.10	2	覆工板の設置作業
	B-2	被覆アーク溶接	1.38	1	覆工板の設置作業
	B-3	被覆アーク溶接	1.28	1	アングルの加工組立作業
	B-4	被覆アーク溶接	3.10	2	覆工板の補修作業
	B-5	被覆アーク溶接	1.06	1	覆工板の補修作業
	B-6	被覆アーク溶接	7.78	2	アングルの加工組立作業
造船業	C-1	金属研ま	1.21	1	建造船のデッキ床面研ま作業
	C-2	金属研ま	0.31	1	建造船の屋上面研ま作業
	C-3	玉掛け作業	0.22	1	建造船デッキの清掃作業、クレーン運転
	C-4	ガス溶断	0.04	1	建造船のデッキ壁面支柱溶断作業
	C-5	被覆アーク溶接	7.74	2	建造船のデッキ壁面溶接作業
	C-6	炭酸ガス半自動アーク溶接	3.13	2	建造船の屋上面溶接作業
	C-7	ガウジング	2.31	1	建造船の船底ガウジング作業
	C-8	ガス溶断	1.11	1	総組場の船体ブロック側面のガス溶断作業
	C-9	金属研ま	1.09	1	総組場の船体ブロック側面の研ま作業
	C-10	ガス溶断	7.85	2	建造船のデッキ床面の金具ガス溶断作業
	C-11	ガス溶断	2.70	1	総組場の船体ブロックの金具ガス溶断作業
	C-12	金属研ま	0.45	1	総組場の船底研ま作業
	C-13	ガス溶断	1.48	1	総組場の船体ブロック支板ガス溶断作業
	C-14	金属研ま	0.31	1	総組場の船体ブロック研ま作業
	C-15	ガウジング	2.12	1	総組場の船体ブロックガウジング作業
	C-16	被覆アーク溶接	0.09	1	建造船の船底溶接作業
採石・石材加工業	D-1	穿孔	4.06	2	切り出し場の岩石の穿孔作業
	D-3	削孔	0.62	2	原石の小割(削孔)作業
	D-4	穿孔	0.87	2	切り出し場の岩石の穿孔作業
	D-6	削孔	0.50	2	原石の小割(削孔)作業
	D-8	削孔	0.47	2	原石の小割(削孔)作業
	D-9	削孔	0.63	2	原石の小割(削孔)作業
採石・石材加工業 (参考:屋内作業場)	E-1	ビシャン	4.74	2	屋内の石材のビシャン加工作業
	E-2	研削	1.38	2	屋内の石材の研削作業
	E-3	研削	2.63	2	屋内の石材の研削作業
	E-4	ビシャン	1.90	2	屋内の石材のビシャン加工作業
	E-5	研削	2.32	2	屋内の石材の研削作業
	E-6	研削	3.68	2	屋内の石材の研削作業

区分		
被覆アーク溶接(n=11)	平均値	4.19
	標準偏差	3.17
金属研ま(n=5)	平均値	0.67
	標準偏差	0.44
ガス溶断(n=5)	平均値	2.62
	標準偏差	3.54
ガウジング(n=2)	平均値	2.22
	標準偏差	0.13
削孔・穿孔(n=6)	平均値	1.33
	標準偏差	1.53
全体(n=33) (玉掛け作業除く)	平均値	2.60
	標準偏差	2.54
参考:屋内作業(n=9)	平均値	3.07
	標準偏差	1.08

表 6. 平成 20 年度に実施した屋外作業場所における粉じんの濃度の測定結果（参考）

業種	作業者	作業内容 （代表的な作業）	個人サンプラーによる粉じん濃度の測定結果（mg/m^3）	屋外測定のガイドラインに基づく評価	作業概要
高層建築工事業	A-1	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	2.48	1	20F、4 面開放メッシュシート、鉄骨溶接作業
	A-2	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	6.05	2	20F、4 面開放メッシュシート、鉄骨溶接作業
	A-3	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	0.77	1	20F、4 面開放メッシュシート、鉄骨溶接作業
	A-4	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	5.16	2	20F、周囲青ネット、鉄骨溶接作業
土木工事業	A-5	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	8.31	2	床面以外防炎シートで養生、鉄骨溶接作業
	A-6	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	7.08	2	床面以外防炎シートで養生
	A-7	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	7.22	2	床面以外防炎シートで養生
	A-8	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	10.85	2	床面以外防炎シートで養生
造船業	B-1	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	0.87	1	ブルーシートで天井設置、総組場の居住区画ブロック上溶接作業
	B-2	炭酸ｶﾞｽ全自動ｱｰｸ溶接	9.70	2	ブルーシートで天井設置、総組場の居住区画ブロック横壁溶接作業
	B-3	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	3.89	2	総組場の居住区画ブロック内側溶接作業
	B-4	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	1.06	1	総組場の居住区画ブロック横壁溶接作業
	B-5	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	11.67	2	総組場の小型ブロック溶接作業
	B-6	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	57.13	2	総組場の小型ブロック溶接作業
	B-7	被覆アーク溶接	0.47	1	船内エンジンルームは大気開放
	B-8	サブマージ溶接	0.41	1	健造船内 2 面開放、デッキ床面の溶接作業
土石製品製造業	C-1	金属研ま	0.20	1	PC 壁体型枠のコンクリート除去研ま作業
	C-2	コンクリート研ま	0.10	1	コンクリートパイル外面仕上げ研ま作業
	C-3	コンクリート研ま	0.01	1	コンクリートパイル外面仕上げ研ま作業
金属製品製造業	D-1	炭酸ｶﾞｽ全自動ｱｰｸ溶接	0.74	1	補強リング自動溶接作業
	D-2	炭酸ｶﾞｽ半自動ｱｰｸ溶接	9.82	2	吊金具内・外面仮留め作業
	D-3	炭酸ｶﾞｽ全自動ｱｰｸ溶接	3.74	2	補強リング自動溶接作業
	D-4	被覆アーク溶接	0.17	1	端板仮留め溶接作業
	D-5	金属研ま	0.25	1	溶接面仕上げ研ま作業
	D-6	被覆アーク溶接	0.08	1	端板仮留め溶接作業
	D-7	金属研ま	0.56	1	溶接面仕上げ研ま作業
鉄道工事関連建設業	E-1	被覆アーク溶接	3.33	2	鉄筋カゴ組立作業
	E-2	被覆アーク溶接	0.77	1	鉄筋カゴ組立作業
	E-3	被覆アーク溶接	3.37	2	鉄筋カゴ組立作業
	E-4	被覆アーク溶接	1.05	1	鉄筋カゴ組立作業

区分	項目	値
アーク溶接（n=17）	平均値	8.62
	標準偏差	13.03
被覆アーク溶接（n=7）	平均値	1.32
	標準偏差	1.43
金属研ま（n=3）	平均値	0.34
	標準偏差	－
コンクリート研ま（n=2）	平均値	0.06
	標準偏差	－
全体（n=24） (研ま、サブマージ除く)	平均値	6.49
	標準偏差	11.41

表７．平成１９年度に実施した屋内作業場所における粉じんの濃度の測定結果（参考）

業種	作業者	作業内容	個人サンプラーによる粉じん濃度の測定結果（mg/m^3）	屋外測定のガイドラインに基づく測定結果の評価	作業概要
金属製品製造業	1	アーク溶接	3.36	2	金属部品のアーク溶接作業
	2	ガス溶断	0.16	1	鋼板の LP ガス半自動溶断機による溶断作業
建築部材製造業	3	プラズマ溶断	2.49	1	鋼板のプラズマ全自動溶断機による溶断作業
電機製品製造業	5-1	アーク溶接	0.90	1	電機部品の全自動アーク溶接
	5-2	アーク溶接	1.54	1	電機部品の全自動アーク溶接
	5-3	アーク溶接	1.06	1	電機部品の全自動アーク溶接
	5-4	アーク溶接	1.55	1	電機部品の全自動アーク溶接
住宅設備製造業	6	アーク溶接	2.27	1	鉄製ﾌﾚｰﾑの炭酸ｶﾞｽ全自動・半自動溶断作業
鉄鋼業	8	プラズマ溶断	0.36	1	鋼板のﾌﾟﾗｽﾞﾏ全自動溶断機による溶断作業
	9	レーザー溶断	1.22	1	鋼板のﾚｰｻﾞｰ全自動切断機による溶断作業
	10	レーザー溶断	0.23	1	鋼板のﾚｰｻﾞｰ全自動切断機による溶断作業
	11	レーザー溶断	0.60	1	鋼板のﾚｰｻﾞｰ全自動切断機による溶断作業
	12-1	ガス溶断	0.76	1	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機による溶断作業
	12-2	ガス溶断	0.32	1	鋼板のｶﾞｽ全自動切断機による溶断作業
住宅設備製造業	15	アーク溶接	2.73	1	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ全自動・半自動溶接作業
	17	アーク溶接	20.88	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ全自動・半自動溶接作業
	18	アーク溶接	3.53	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ半自動溶接作業
	19	アーク溶接	27.11	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ全自動・半自動溶接作業
	20	アーク溶接	7.39	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ半自動溶接作業
	21-1	アーク溶接	7.46	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ半自動溶接作業
	21-2	アーク溶接	2.65	2	鉄骨材の炭酸ｶﾞｽｱｰｸ半自動溶接作業

アーク溶接（n=13）	平均値	6.34
	標準偏差	8.21
溶断（n=8）	平均値	0.77
	標準偏差	0.78
全体（n=21）	平均値	4.22
	標準偏差	6.95

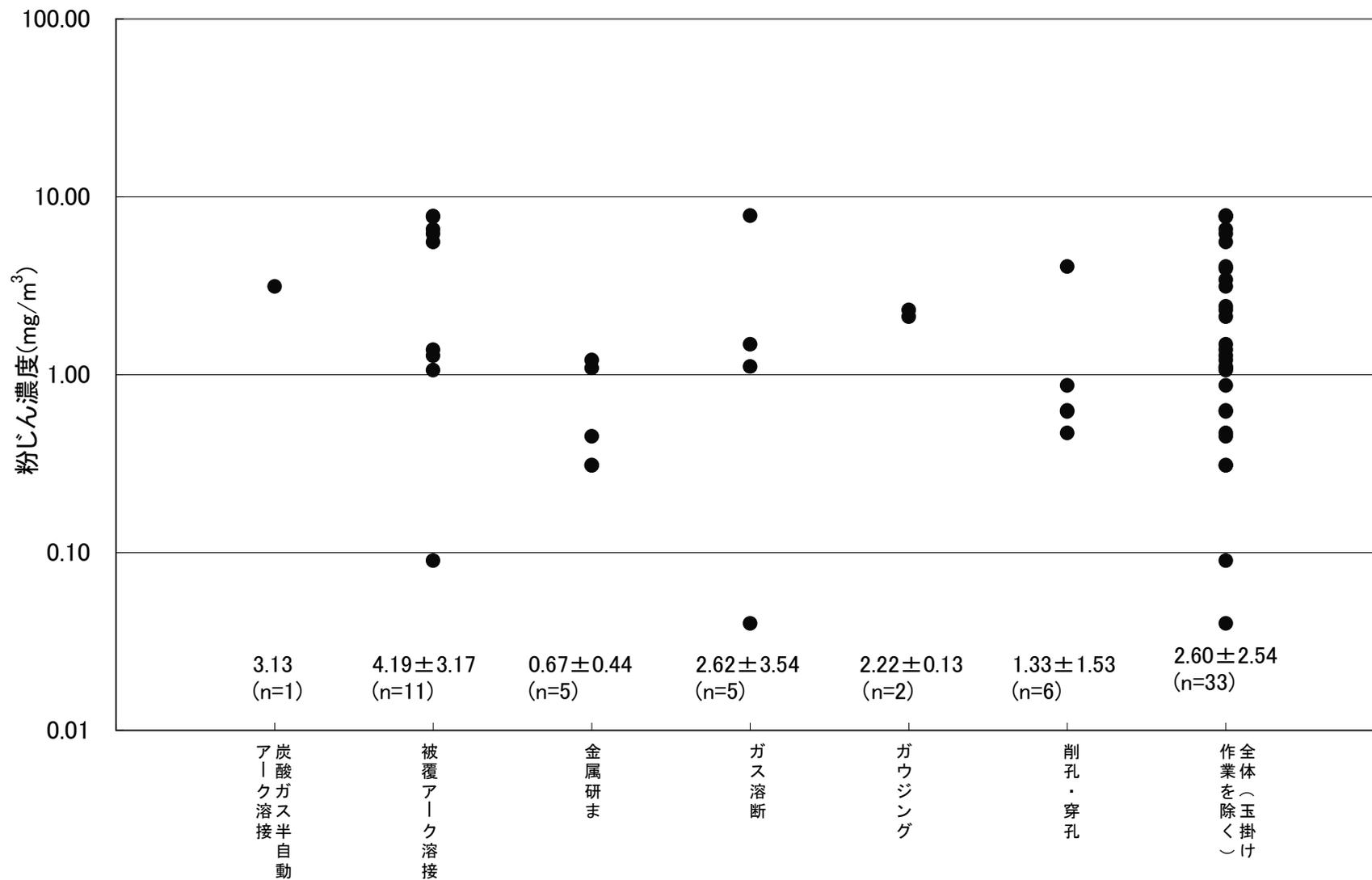



図1. 粉じんの濃度の測定結果

注）図中の数値は、平均値±標準偏差を示す

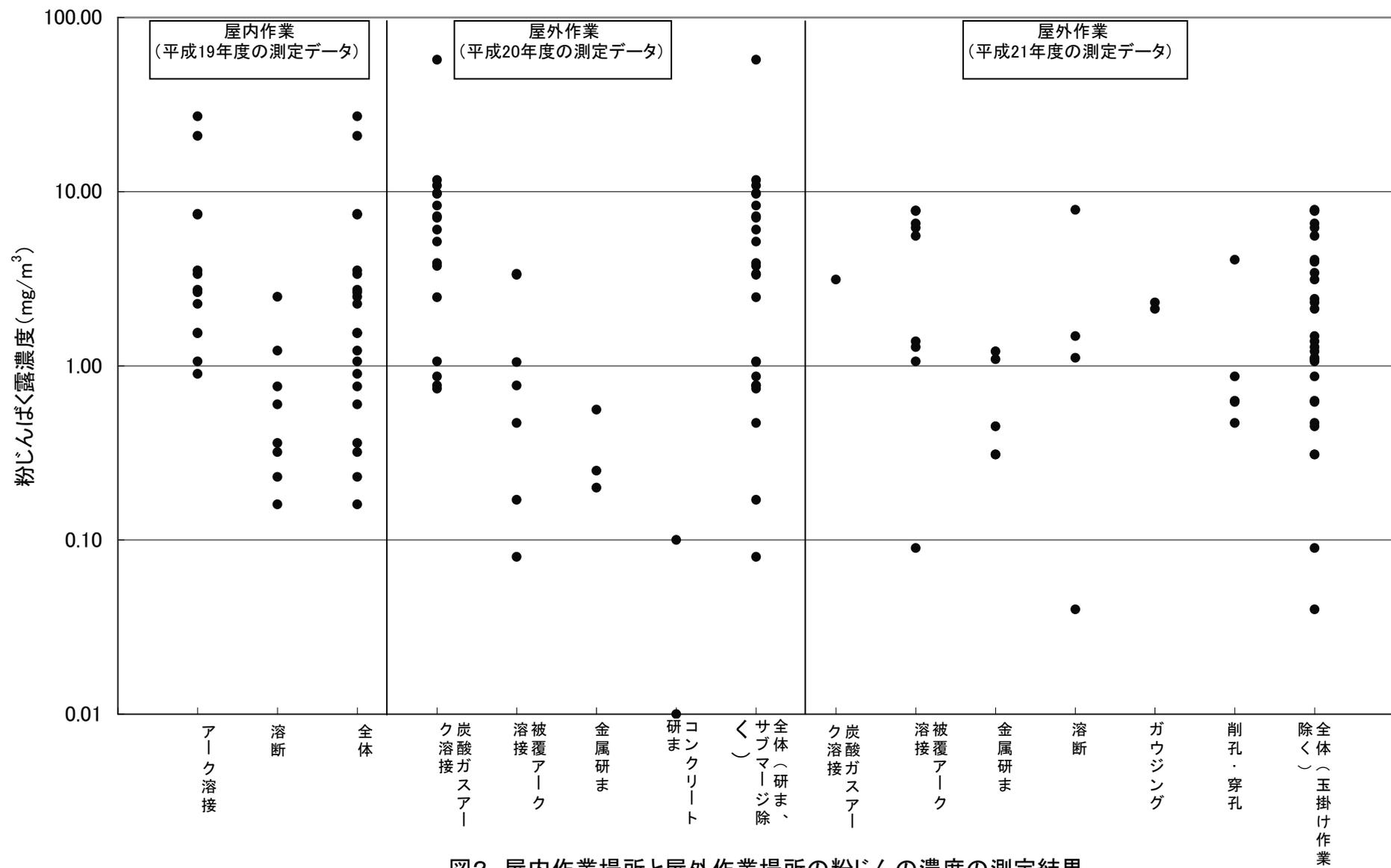



図2. 屋内作業場所と屋外作業場所の粉じんの濃度の測定結果

注）本図は、参考までに、平成19年度委託事業の調査結果及び平成20年度委託事業の調査結果を併せて表記したものである。

表 8. A 事業場における粉じん濃度の測定結果

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
A－1	10:39～12:02	5.58	3.00	0	被覆アーク溶接
A－2	13:05～14:46	6.21	3.00	0	
A－3	15:02～16:22	6.57	3.00	0	

表 9．B 事業場における粉じん濃度の測定結果

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
B－1	9:35～11:53	3.10	3.00	0	被覆アーク溶接
B－4	12:55～16:02	3.10	3.00	0	
B－2	9:37～11:52	1.38	3.00	0	被覆アーク溶接
B－5	12:57～16:02	1.06	3.00	0	
B－3	9:39～11:50	1.28	3.00	0	
B－6	12:59～15:23	7.78	3.00	0	

表 10. C 事業場における粉じん濃度の測定結果

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－1	8:35～9:25	1.21	3.00	0	金属研磨
C－2	9:51～11:21	0.31	3.00	0	
C－9	15:24～16:19	1.09	3.00	0	
C－12	9:17～10:50	0.45	3.00	0	
C－14	9:33～11:04	0.31	3.00	0	
C－4	10:24～11:55	0.04	3.00	0	ガス溶断
C－8	13:13～14:54	1.11	3.00	0	
C－10	8:36～8:57	7.85	3.00	0	
C－11	10:09～10:57	2.70	3.00	0	
C－13	8:34～9:31	1.48	3.00	0	
C－5	10:15～11:46	7.74	3.00	0	被覆アーク溶接
C－16	13:34～14:48	0.09	3.00	0	
C－7	13:10～15:06	2.31	3.00	0	ガウジング
C－15	13:24～14:49	2.12	3.00	0	
C－6	13:30～15:52	3.13	3.00	0	炭酸ガス半自動アーク溶接
C－3	8:28～10:16	0.22	3.00	0	周辺作業(玉掛け等)

表 11．D 事業場における粉じん濃度の測定結果（1 部参考を含む）

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
D－1	10:25～11:58	4.06	0.06	38.8	穿孔
D－4	13:10～14:56	0.87	0.06	38.8	
D－3	10:38～11:54	0.62	0.06	38.8	削孔
D－6	13:25～14:52	0.50	0.06	38.8	
D－8	15:33～16:32	0.47	0.06	38.8	
D－9	15:59～16:29	0.63	0.06	38.8	
D－2	10:48～11:58	2.42	0.05	46.2	（参考）研削
D－5	13:16～14:47	3.42	0.05	46.2	
D－7	15:24～16:09	3.95	0.06	38.8	

表 12．＜参考＞E 事業場における粉じん濃度の測定結果

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
E－1	10:25～11:58	4.74	0.07	35.4	ビシャン、研削
E－4	10:25～11:58	1.90	0.07	35.4	
E－2	10:25～11:58	1.38	0.04	62.9	研削、ビシャン
E－5	10:25～11:58	2.32	0.04	62.9	
E－3	10:25～11:58	2.63	0.08	31.9	ビシャン・研削
E－6	10:25～11:58	3.68	0.07	36.5	

(1) ビル建設作業（被覆アーク溶接）
作業者 A-1～3

屋外における、屋根取付部材の被覆アーク溶接作業を対象に、延べ 3 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じんの濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は A-1～A-3 で、表 5 に測定結果、図 3-1、4-1、5-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 3-2、4-2、5-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じんの濃度の測定結果は、A-1：5.58mg/m^3、A-2：6.21mg/m^3、A-3：6.57mg/m^{3}であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 3/3 名であった。

経時的変化を見てみると、瞬間的には非常に高い粉じん濃度のばく露が観察された。

また、10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の 1/2 を超える時間帯で管理濃度を超えていることが認められた。

A-1～A-3 の溶接作業の特徴は、いずれも間歇的であるが当該作業の延べ時間が長時間に亘ったこと、作業場所が屋外であるため、風向の変化によって粉じ

ん発生源に対し風下側での作業が認められたこと、作業がかがみ込み姿勢で行われたことなどである。

作業者 A-1

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
A－1	10:39～12:02	5.58	3.00	0	被覆アーク溶接

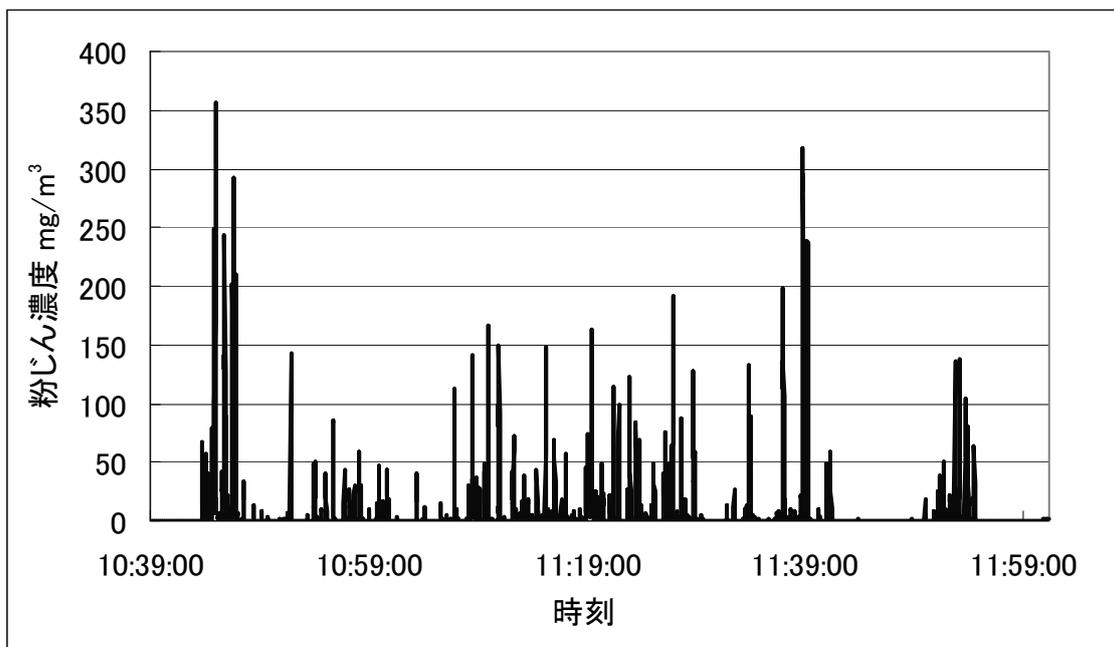



図 3-1

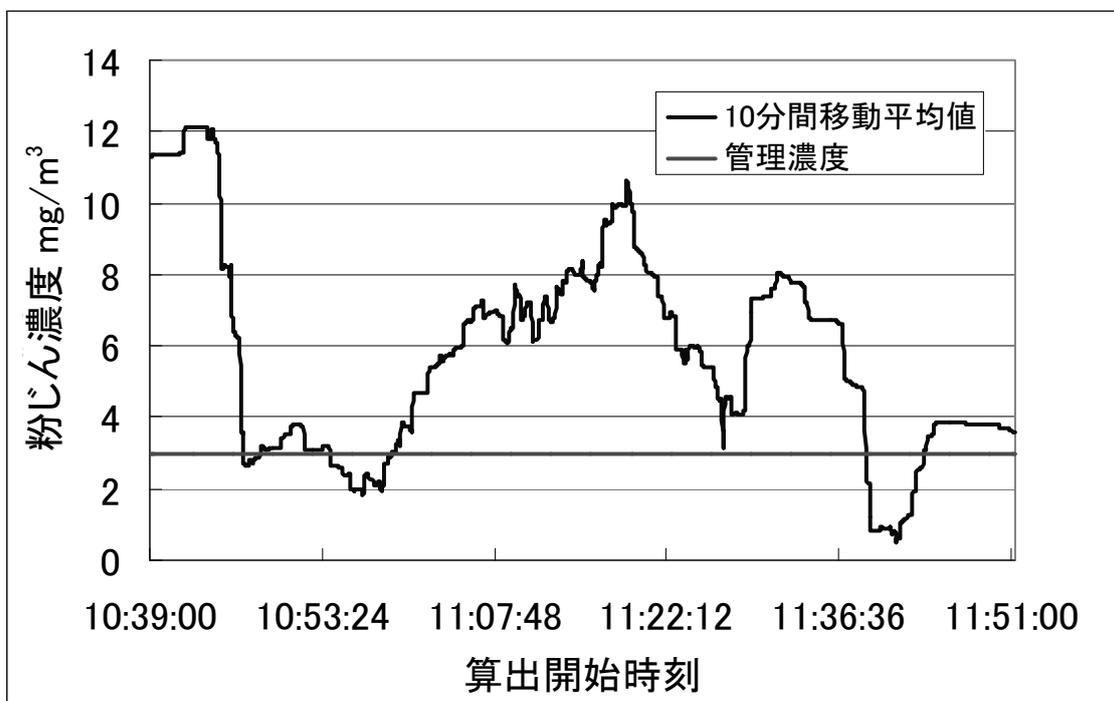



図 3-2

作業者 A-2

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(％)	作業
A－2	13:05～14:46	6.21	3.00	0	被覆アーク溶接

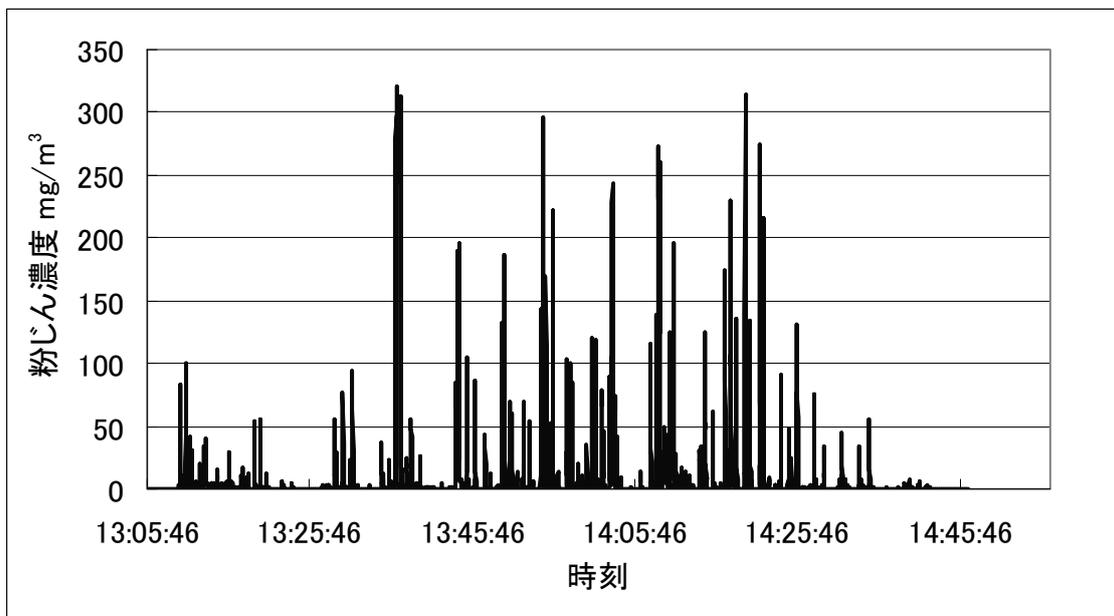



図 4-1

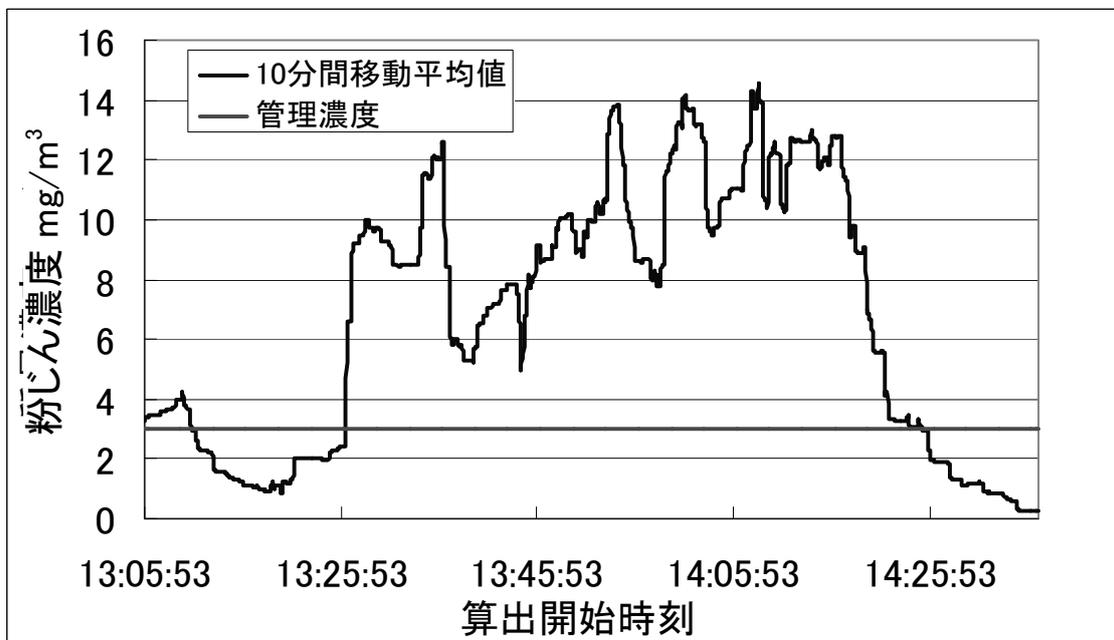



図 4-2

作業者 A-3

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
A－3	15:02～16:22	6.57	3.00	0	被覆アーク溶接

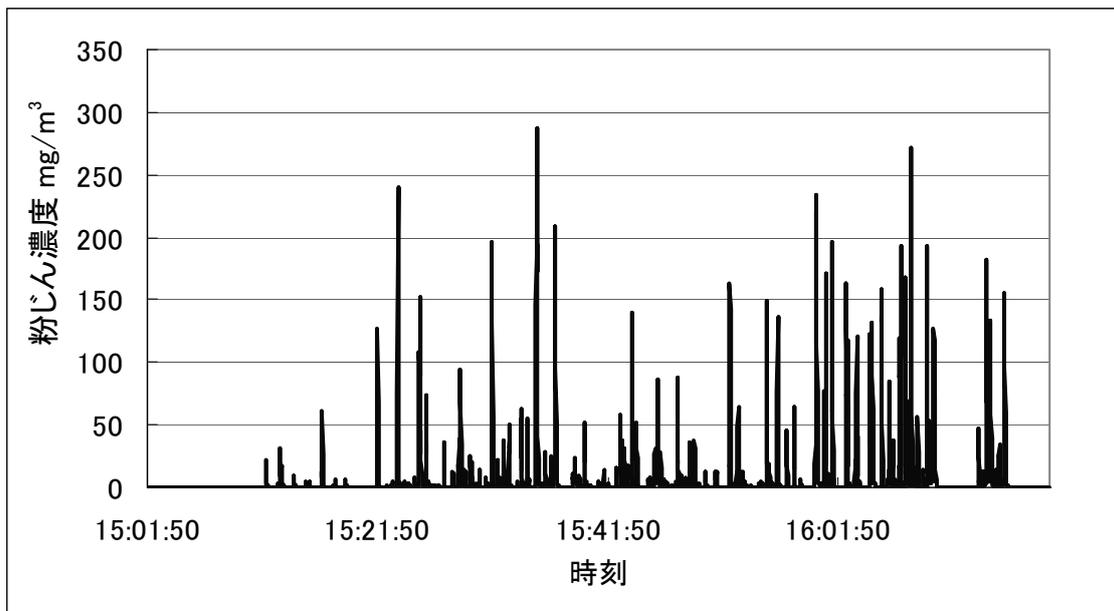



図 5-1

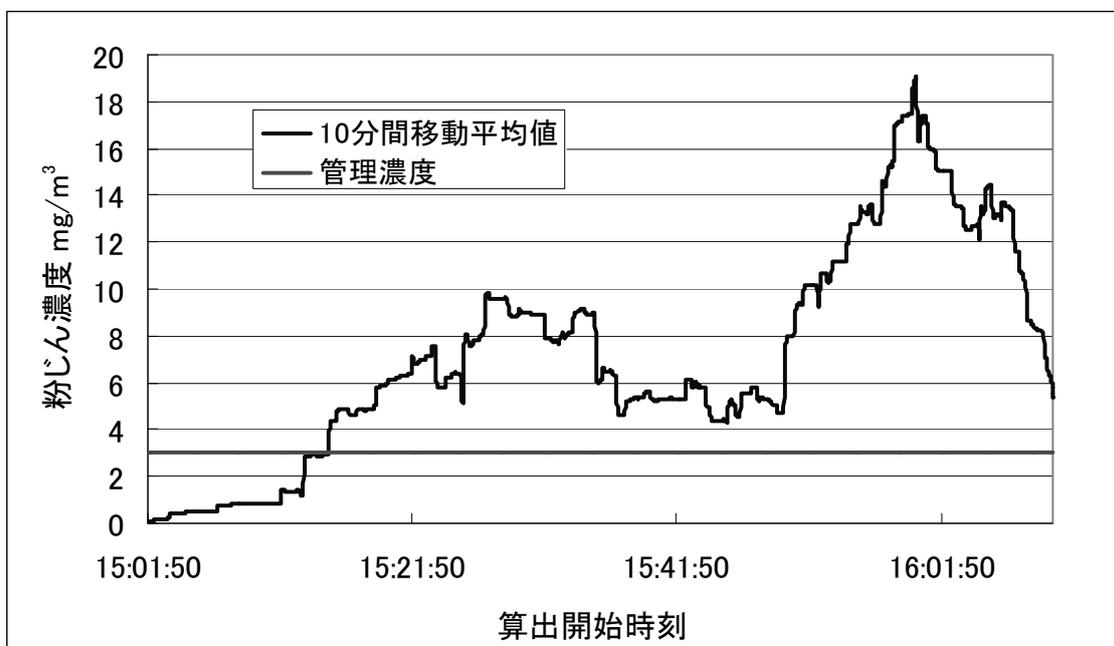



図 5-2

(2)道路建設作業（被覆アーク溶接）

作業者 B-1,2,4,5

屋外における、覆工板設置及び補修のための被覆アーク溶接作業を対象に、延べ 4 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は B-1、2、4、5 で、表 5 に測定結果、図 6-1、7-1、8-1、9-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 6-2、7-2、8-2、9-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じん濃度の測定結果は、B-1：3.10mg/m^3、B-2：1.38mg/m^3、B-4：3.10mg/m^3、B-5：1.06mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 2/4 名であった。

経時的変化を見てみると、4 名ともに瞬間的には非常に高い粉じん濃度のばく露が散見された。

また、10 分間移動平均濃度の推移では、すべての者に測定時間の 1/5～1/10 の時間帯で管理濃度を超えていることが認められた。

4 名の溶接作業の特徴は、いずれも間歇的で当該作業の延べ時間も比較的短時間であったにも拘わらず、作業場所が屋外であるため、風向の変化によ

って粉じん発生源に対し風下側での作業が認められたこと、作業がかがみ込み姿勢で行われたことなどである。
　なお、当該作業の粉じん濃度については、エンジン溶接機、バックホウ、周辺車両等からの排気ガスの影響を否定できなかった。

作業者 B-1

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m³)	管理濃度 (mg/m³)	遊離けい酸 含有率(%)	作業
B－1	9:35～11:53	3.10	3.00	0	被覆アーク溶接

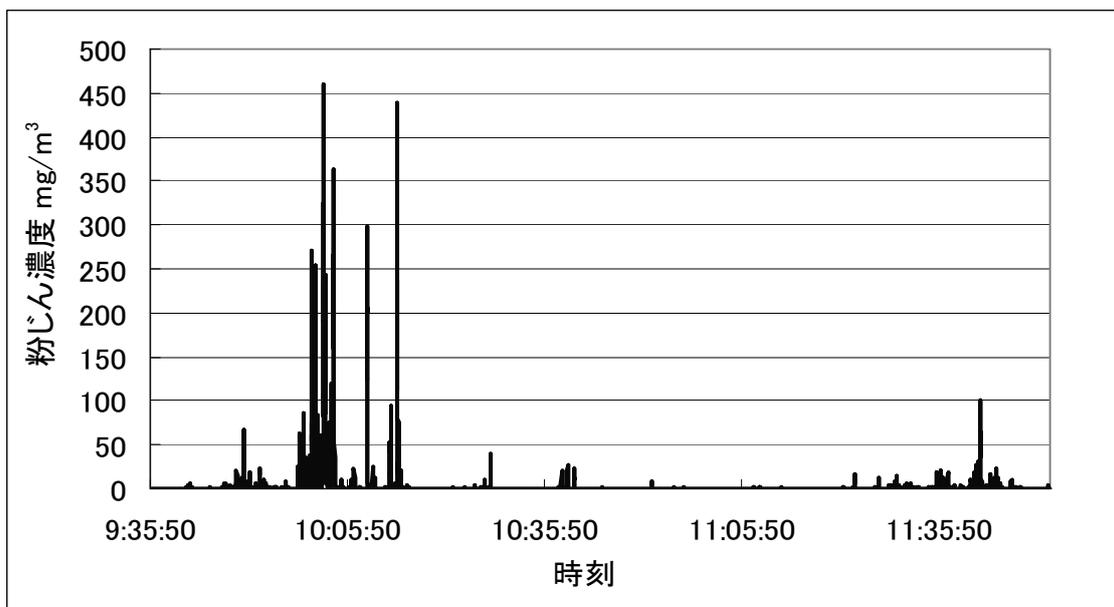



図 6-1

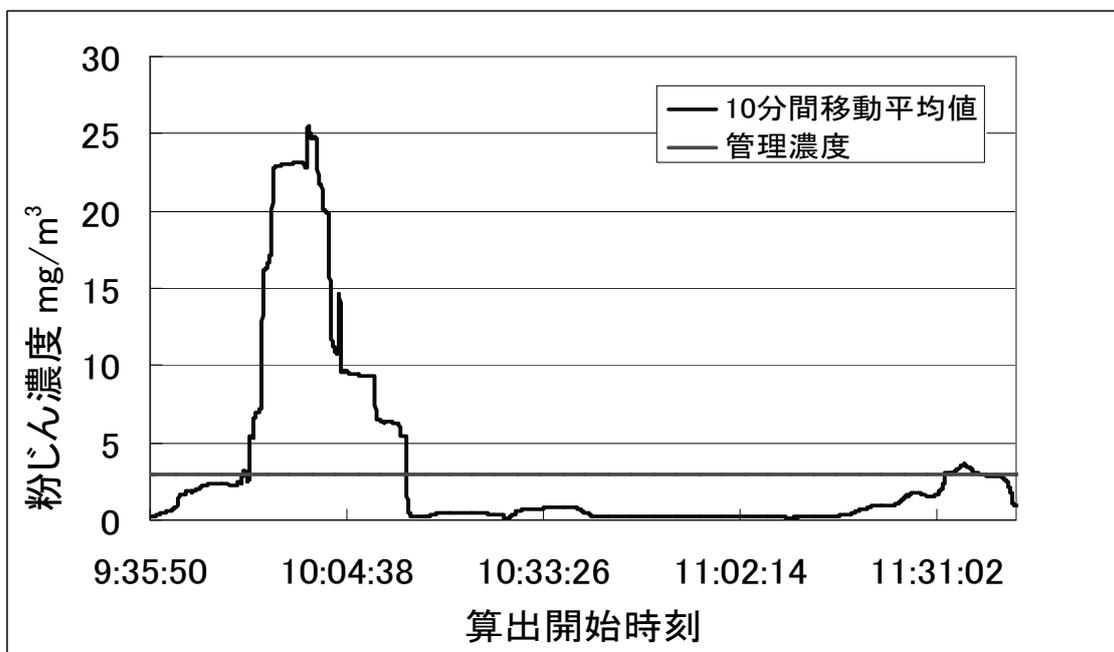



図 6-2

作業者 B-2

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
B－2	9:37～11:52	1.38	3.00	0	被覆アーク溶接

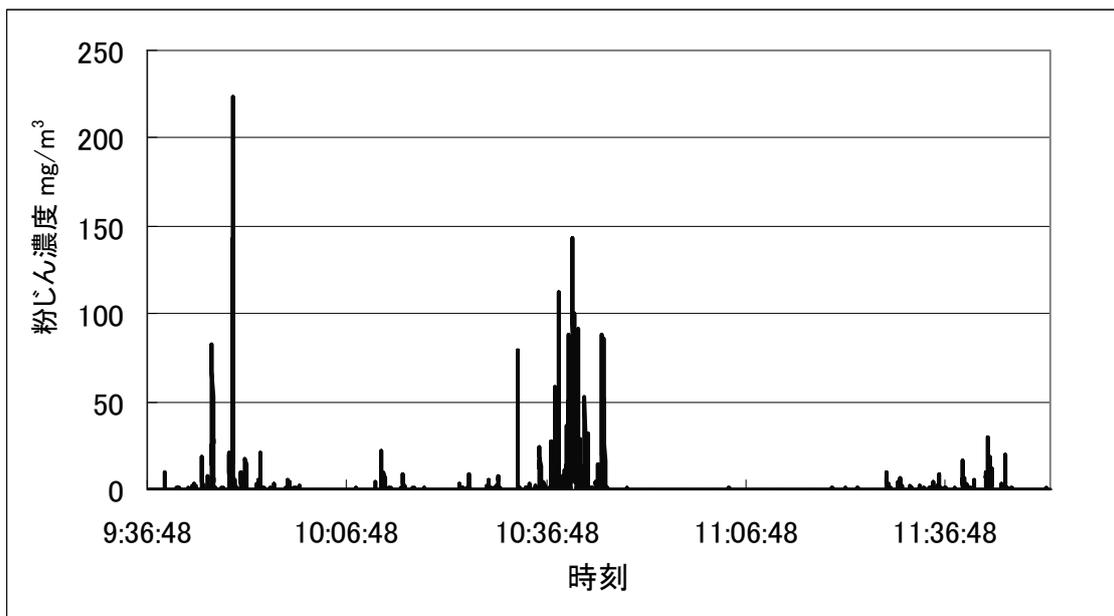



図 7-1

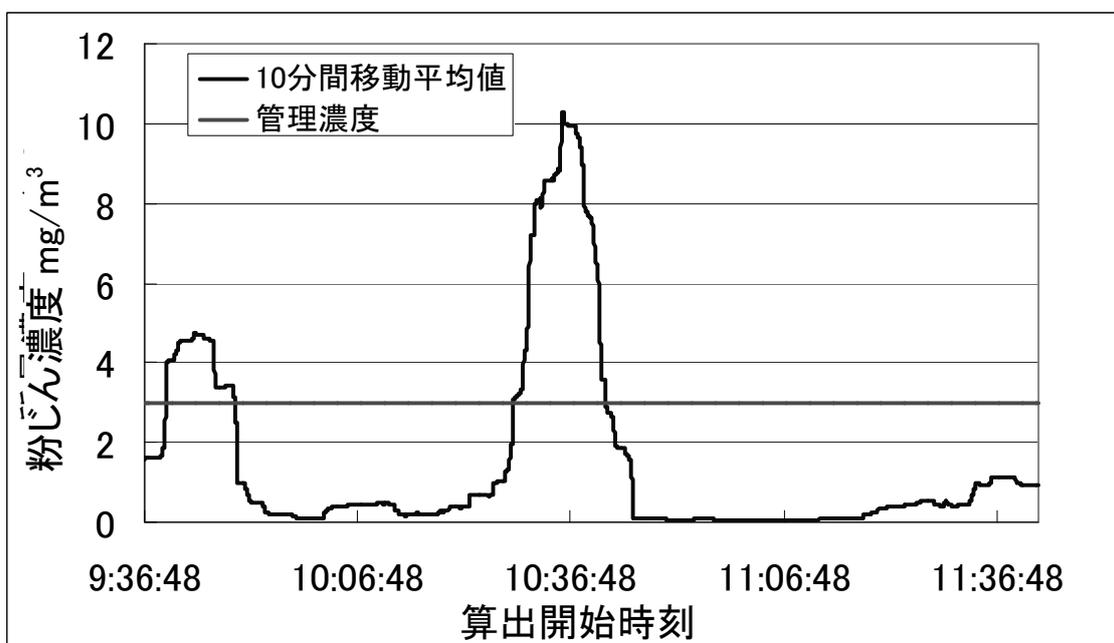



図 7-2

作業者 B-4

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m³)	管理濃度 (mg/m³)	遊離けい酸含有率(%)	作業
B－4	12:55～16:02	3.10	3.00	0	被覆アーク溶接

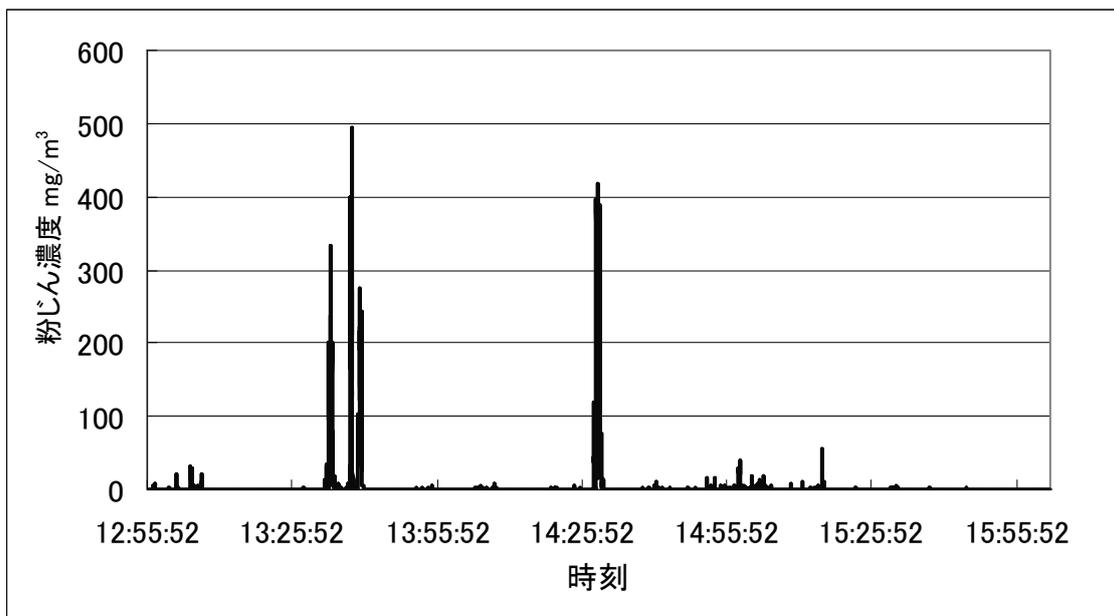



図 8-1

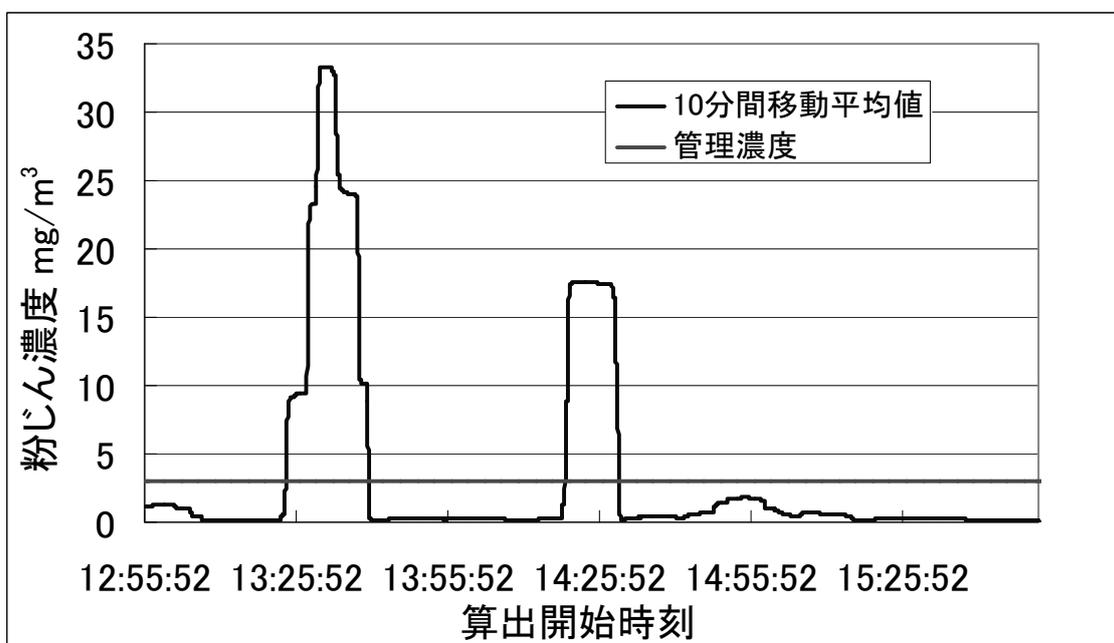



図 8-2

作業者 B-5

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
B－5	12:57～16:02	1.06	3.00	0	被覆アーク溶接

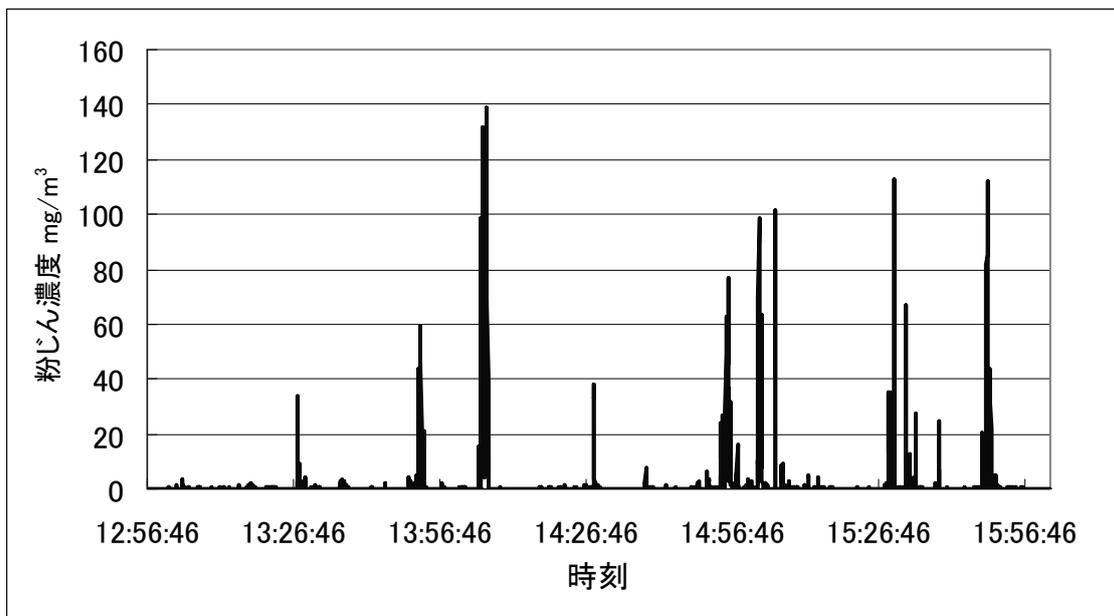



図 9-1

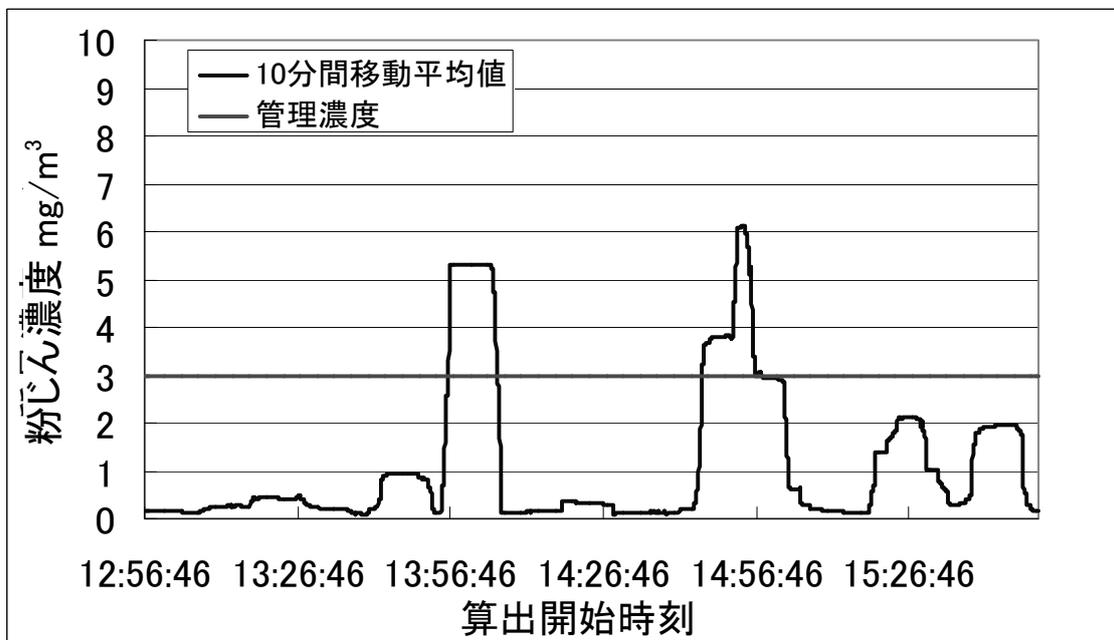



図 9-2

作業者 B-3,6

屋外における、鉄製アングルの被覆アーク溶接作業を対象に、延べ 2 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

作業者は B-5、6 で、作表 5 に測定結果、図 10-1、11-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 10-2、11-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じん濃度の測定結果は、B-3：1.28mg/m^3、B-6：7.78mg/m^{3}であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが B-6 の 1 名であった。B-3 の測定値は、管理濃度を超えてはいなかったが、単発的に高濃度の粉じんのばく露があることが観察された。粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移をみると、測定時間の約 1/5 程度は管理濃度を超えていた。

また、B-6 の溶接作業は、溶接作業が長時間であったこと、作業姿勢がかがみ込みなどにより、10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の 1/2 を超える時間帯で管理濃度を上回っていた。

作業者 B-3

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
B－3	9:39～11:50	1.28	3.00	0	被覆アーク溶接

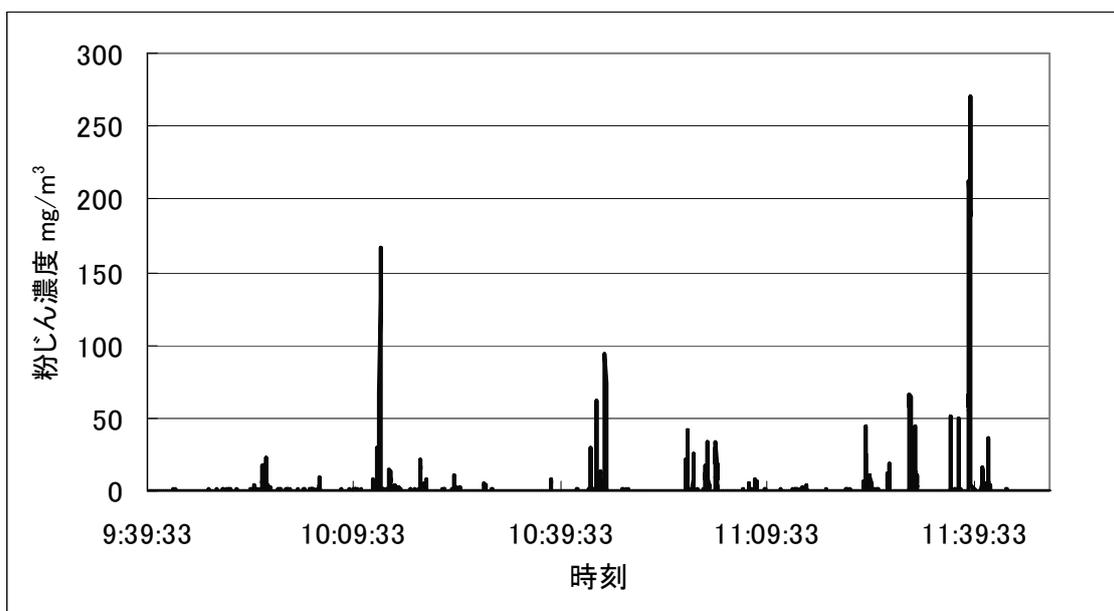



図 10-1

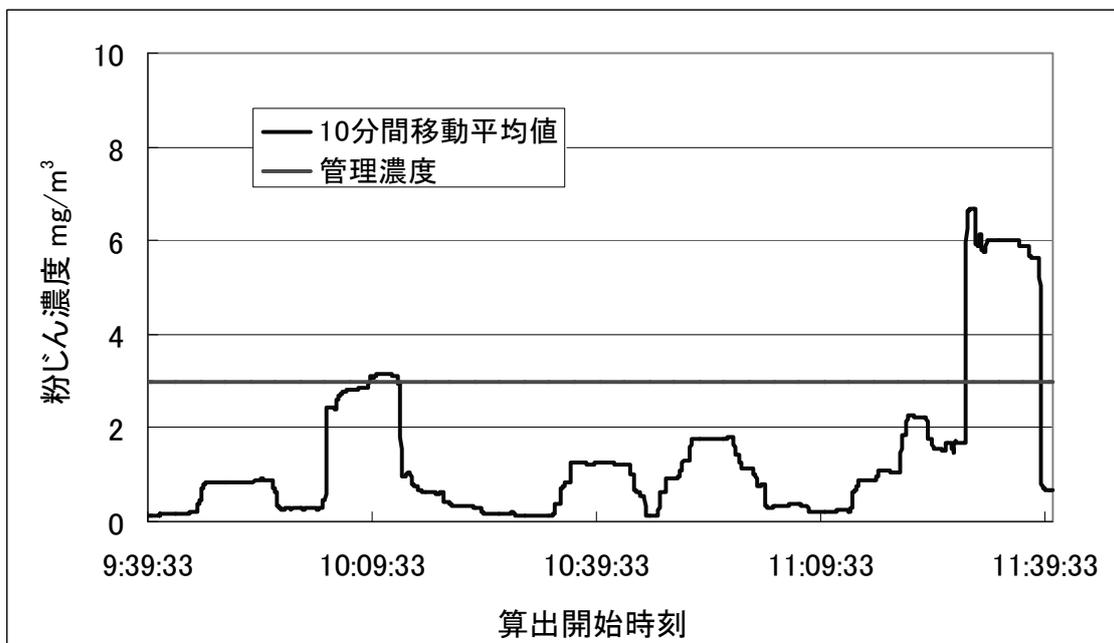



図 10-2

作業者 B-6

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m3)	管理濃度 (mg/m3)	遊離けい酸含有率(%)	作業
B－6	12:59～15:23	7.78	3.00	0	被覆アーク溶接

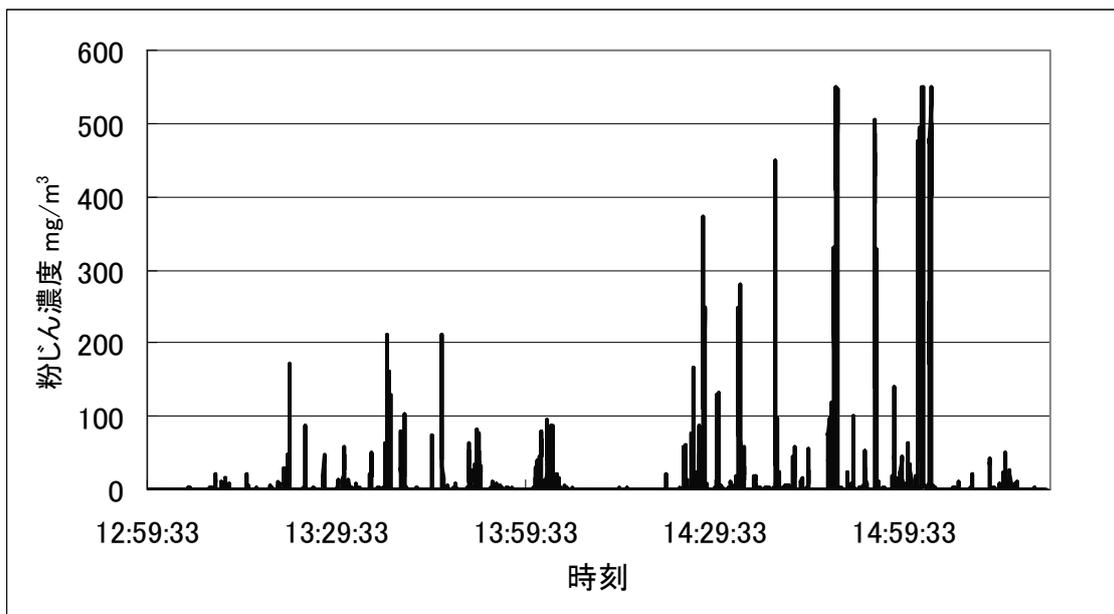



図 11-1

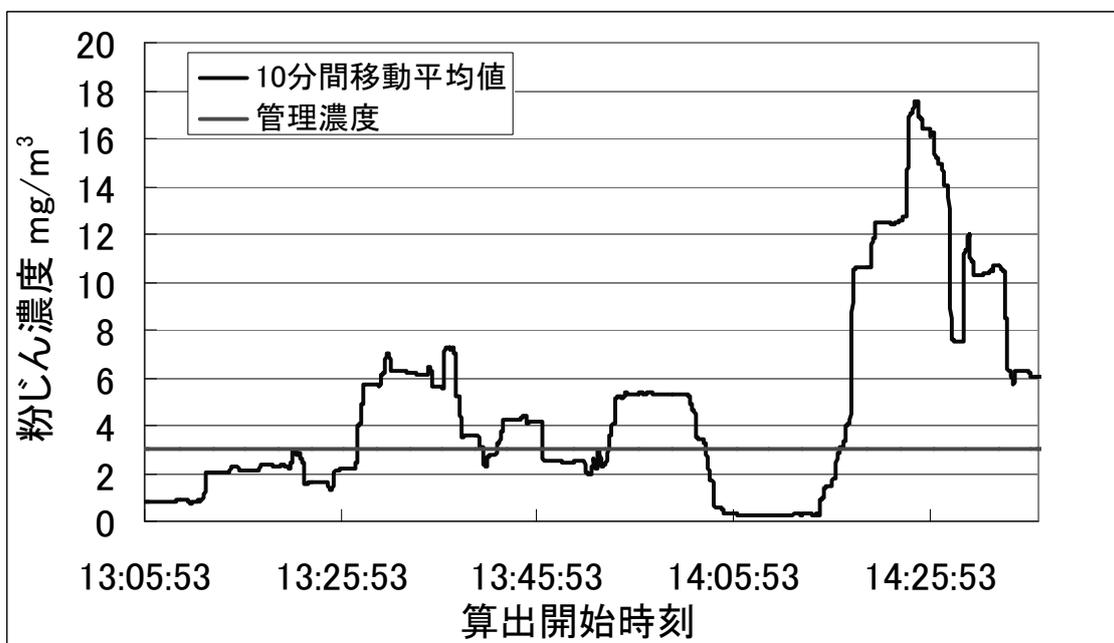
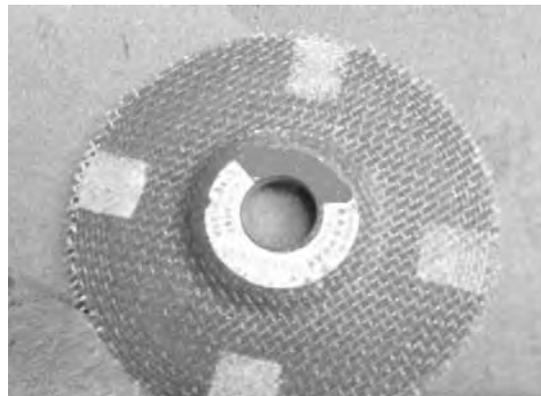



図 11-2

(3)造船作業

作業者 C-1,2,9,12,14（金属研ま）

屋外における、船体及び船体ブロックの金属研ま作業を対象に、延べ 5 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は C-1、2、9、12、14 で、表 5 に測定結果、図 12-1、13-1、14-1、15-1、16-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 12-2、13-2、14-2、15-2、16-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じん濃度の測定結果は、C-1：1.21mg/m^3、C-2：0.31mg/m^3、C-9：1.09mg/m^3、C-12：0.45mg/m^3、C-14：0.31mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え評価「2」に該当するものは認められず、全ての者が評価「1」であった。

しかし、測定値の推移を見てみると、管理濃度を超えてはいないが、全てに単発的に高濃度の粉じんのばく露があることが観察された。また、粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移で、測定時間内の管理濃度を超える値は認められなかった。

なお、今回の金属の研ま作業は、比較的間歇的な作業であること、発じん量が多くはなく発じん粒径が大きく、沈降し易いこと等からこのような測定結果が得られたものと考えられる。

作業者 C-1

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－1	8:35～9:25	1.21	3.00	0	金属研ま

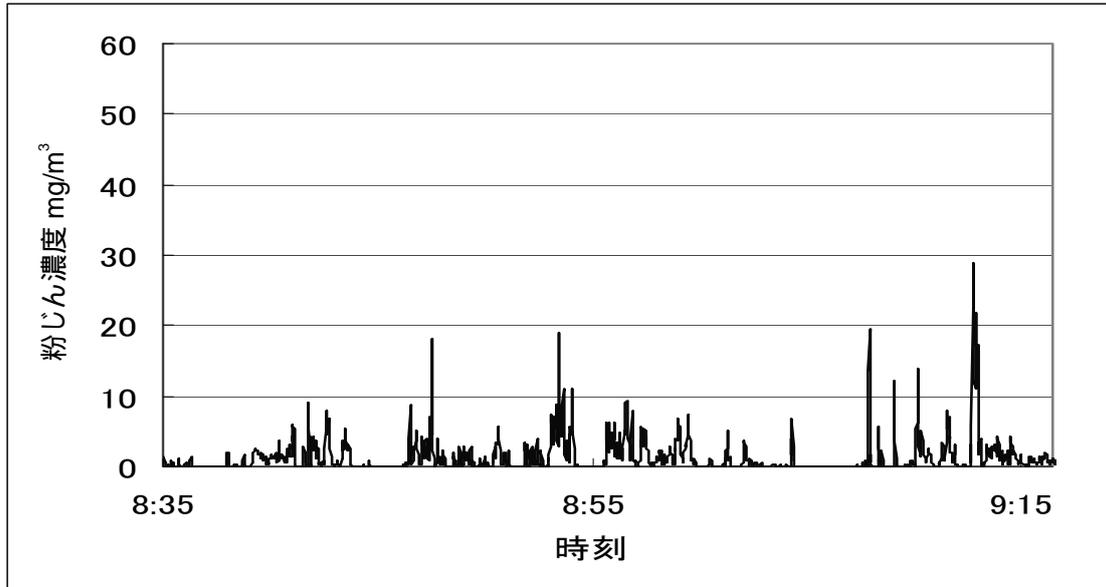



図 12-1

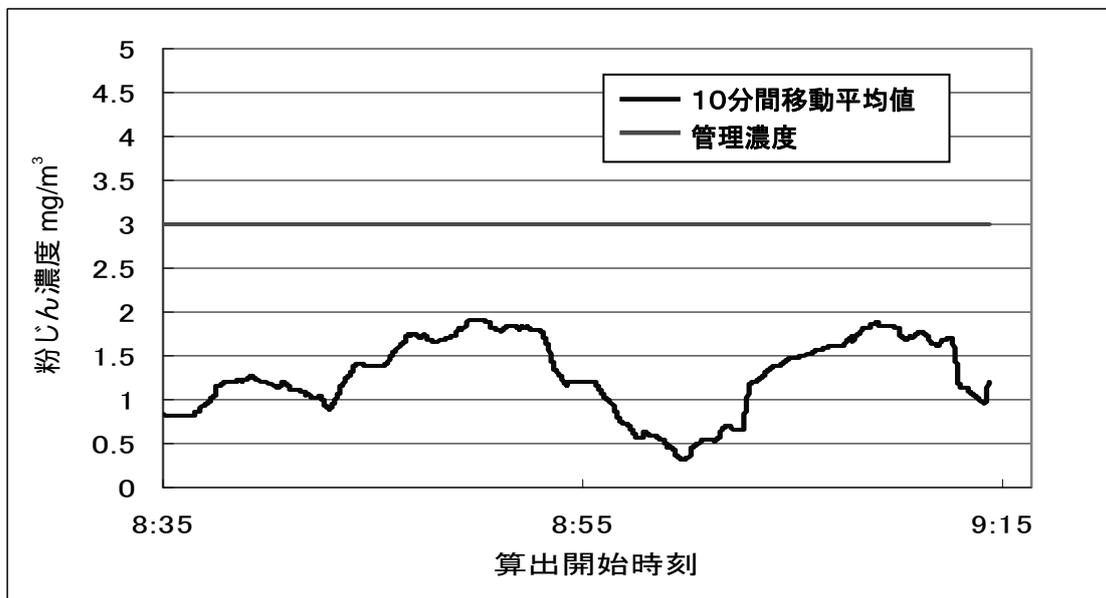



図 12-2

作業者 C-2

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－2	9:51～11:21	0.31	3.00	0	金属研ま

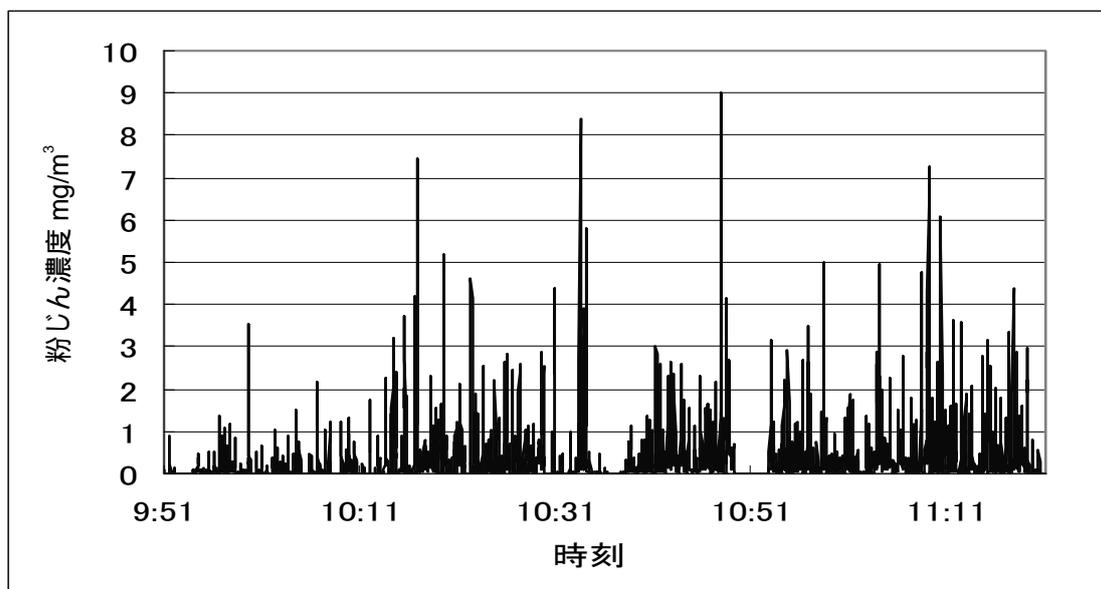



図 13-1

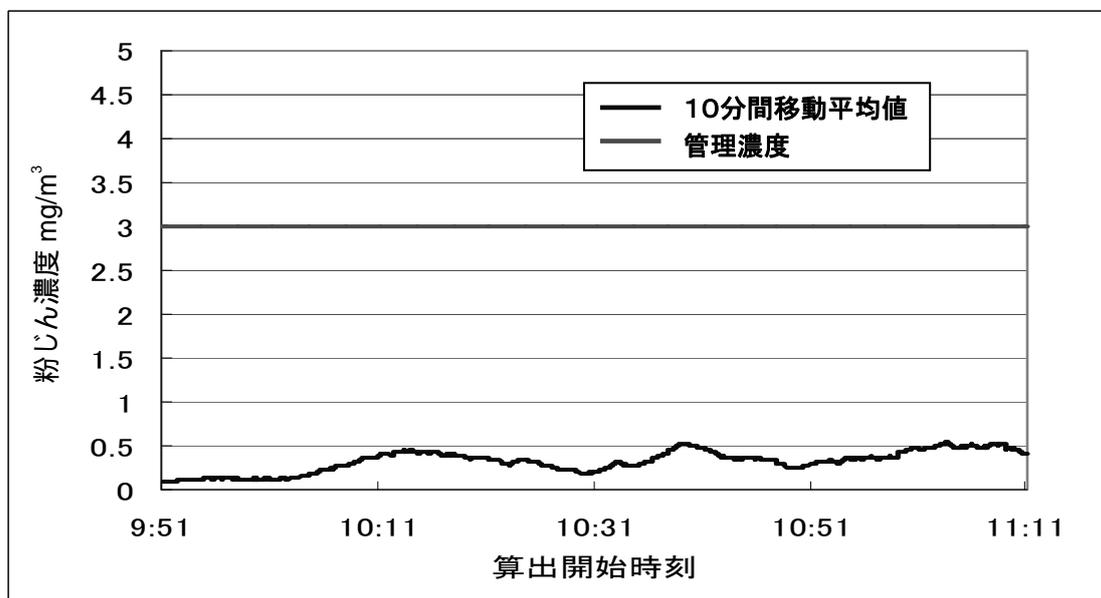



図 13-2

作業者 C-9

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－9	15:24～16:19	1.09	3.00	0	金属研ま

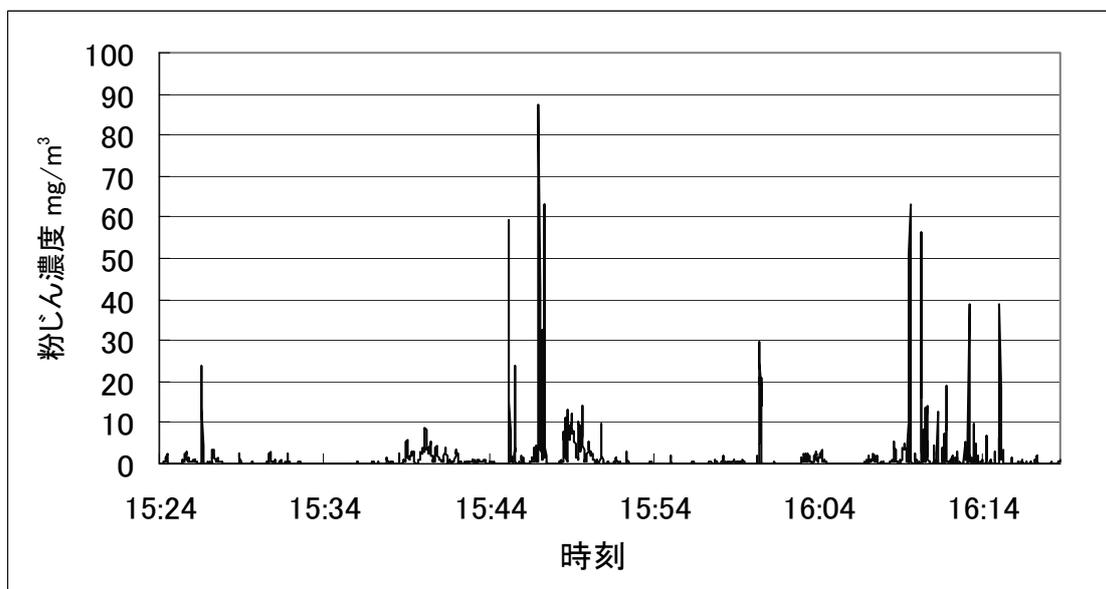



図 14-1

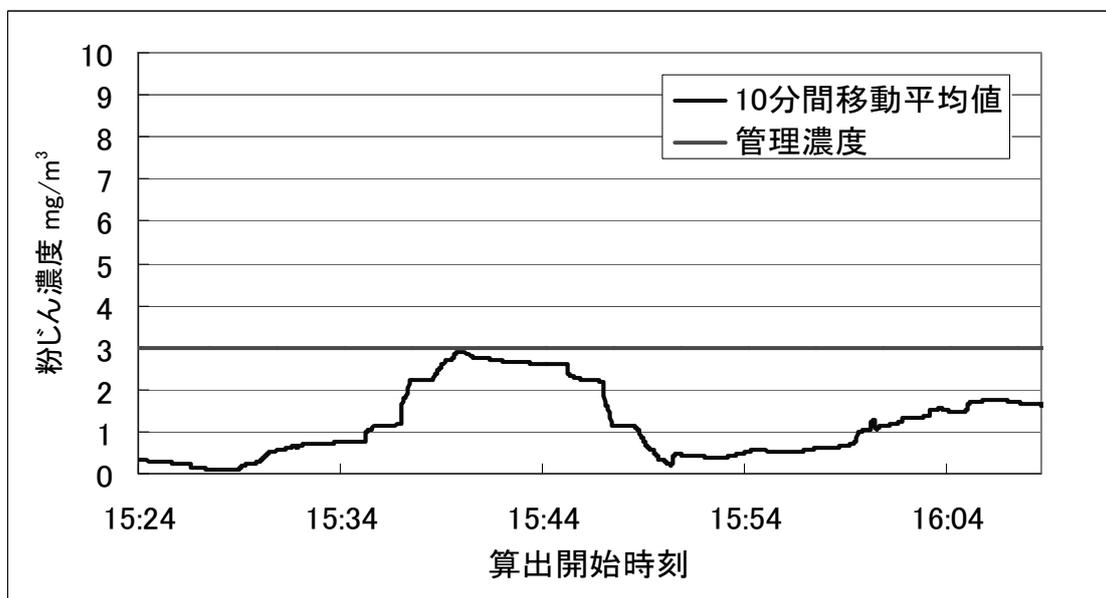



図 14-2

作業者 C-12

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－12	9:17～10:50	0.45	3.00	0	金属研ま

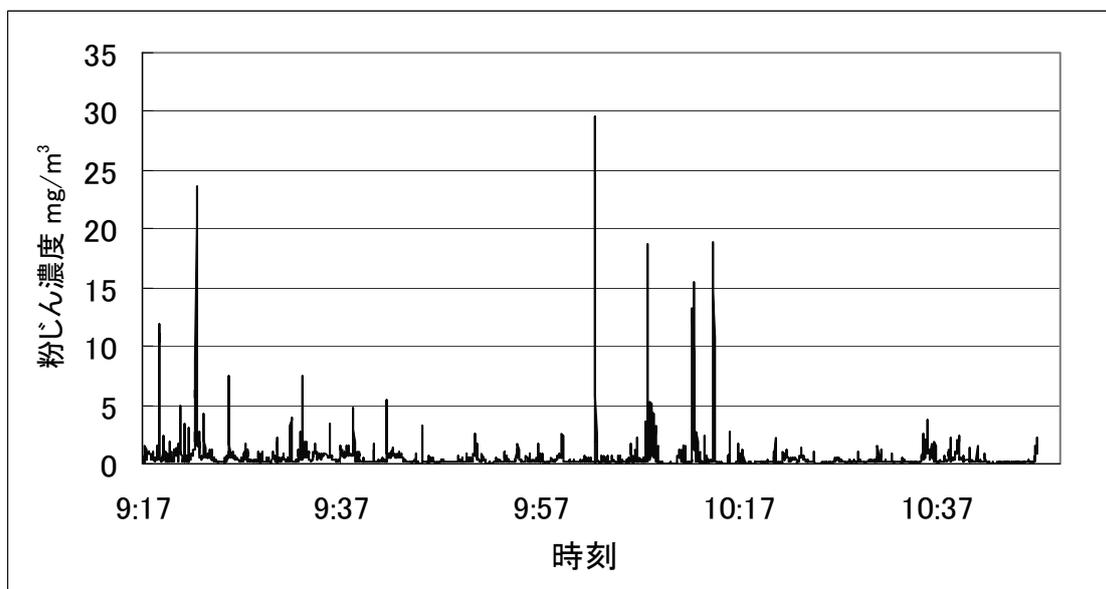



図 15-1

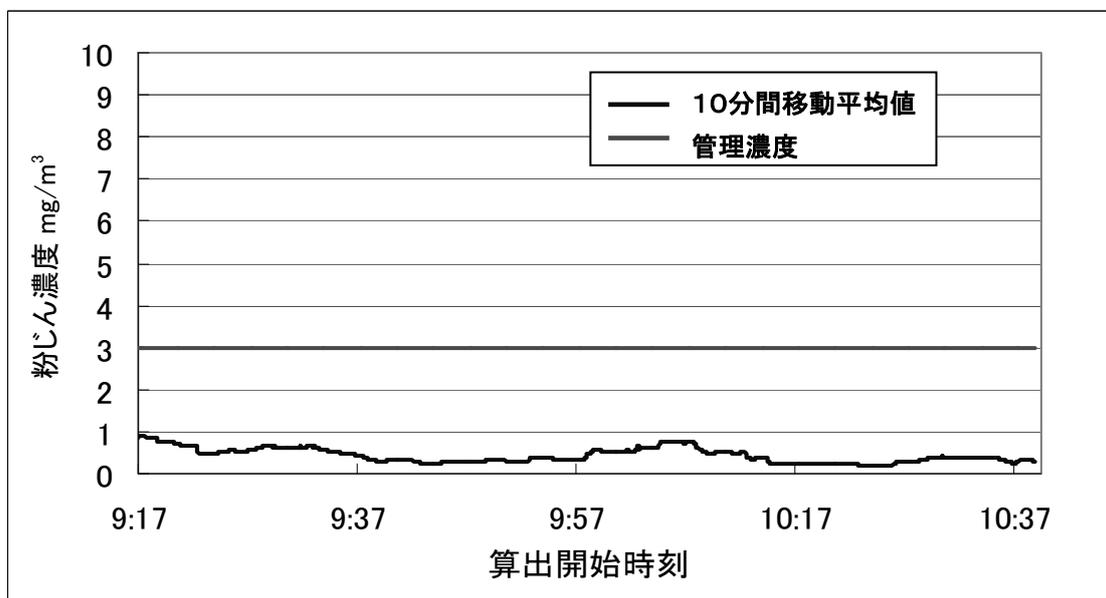



図 15-2

作業者 C-14

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－14	9:33～11:04	0.31	3.00	0	金属研ま

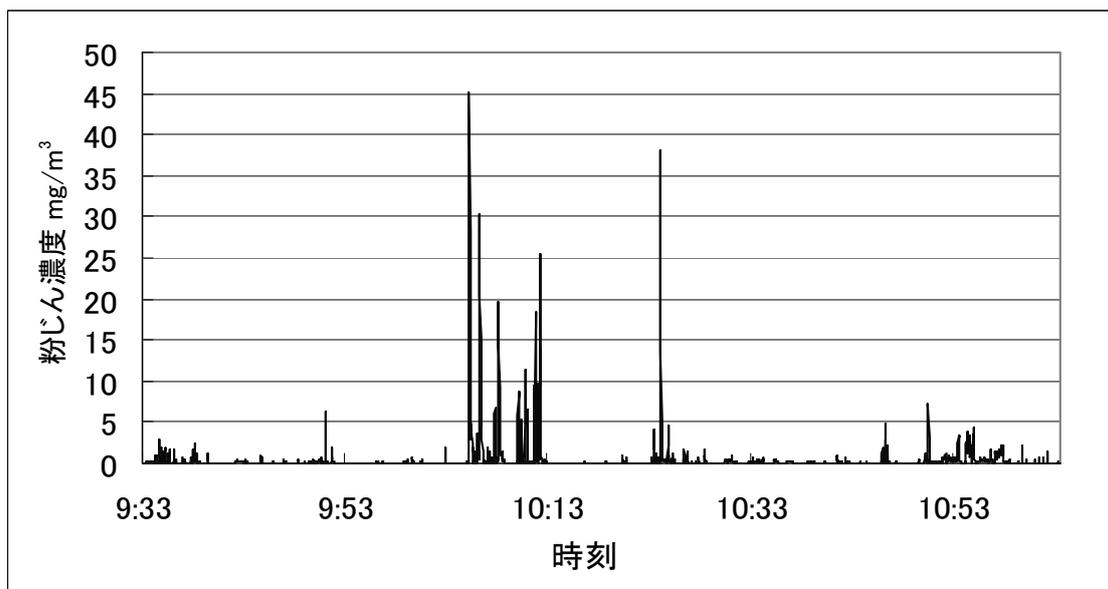



図 16-1

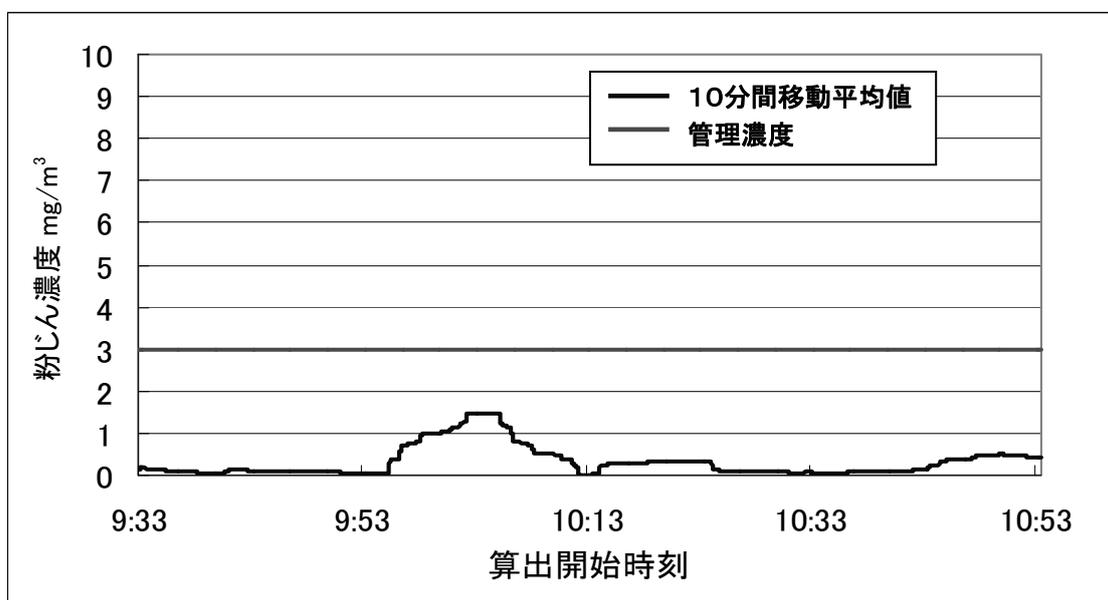



図 16-2

作業者 C-4,8,10,11,13 （ガス溶断）

屋外における、鋼製吊金具等のガス溶断作業を対象に、延べ 5 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

作業者は C-4、8、10、11、13 で、表 5 に測定結果、図 17-1、18-1、19-1、20-1、21-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 17-2、18-2、19-2、20-2、21-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じん濃度の測定結果は、C-4：0.04mg/m^3、C-8：1.11mg/m^3、C-10：7.85mg/m^3、C-11：2.70mg/m^3、C-13：1.48mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが C-10 であった。

なお、C-10 の溶接作業の特徴は、溶断作業が長時間であったこと、作業位置の換気が良好ではないこと、及び作業姿勢の大部分がかがみ込み姿勢であったことなどである。C-4、11、13 の測定値は、管理濃度を超えてはいなかったが、散発的に高濃度の粉じんのばく露があることが観察され、粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移は測定時間内に若干の差はあるが、管理濃度を超える時間帯があった。

作業者 C-4

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－4	10:24～11:55	0.04	3.00	0	ガス溶断

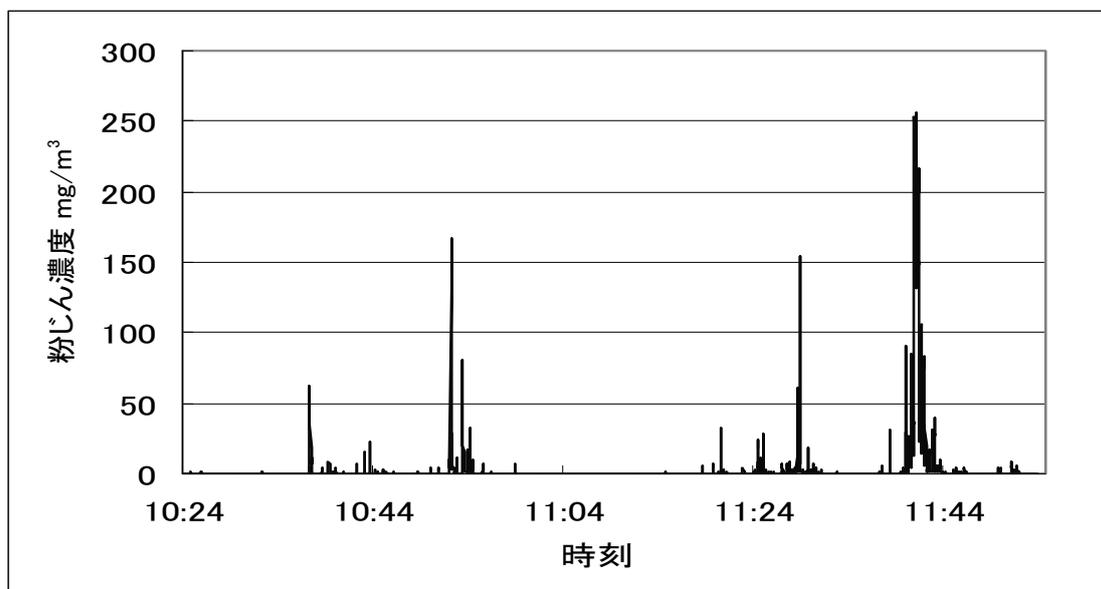



図 17-1

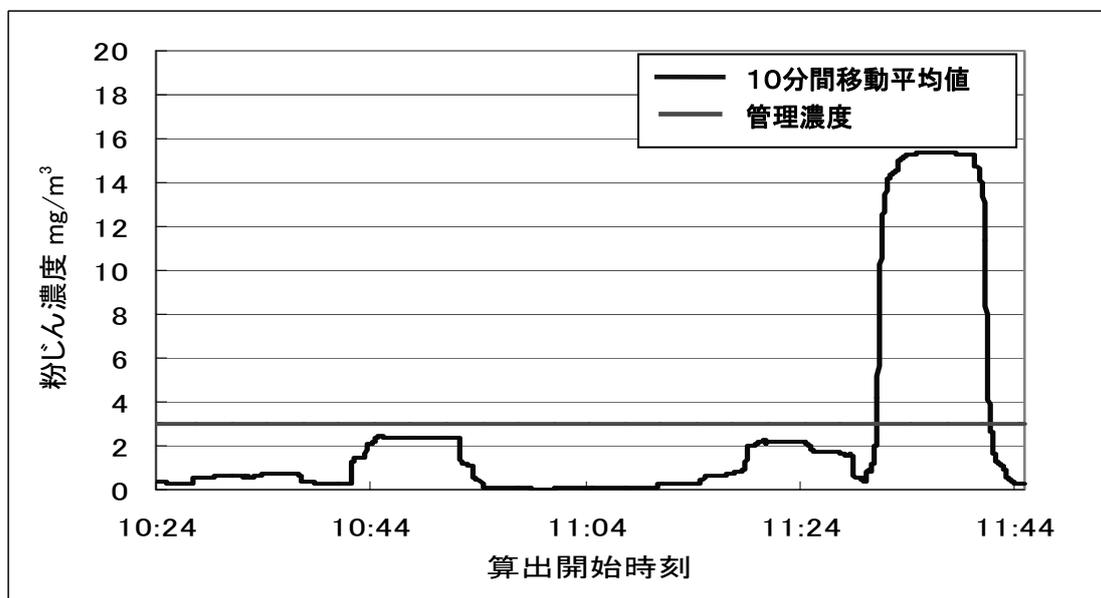



図 17-2

作業者 C-8

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－8	13:13～14:54	1.11	3.00	0	ガス溶断

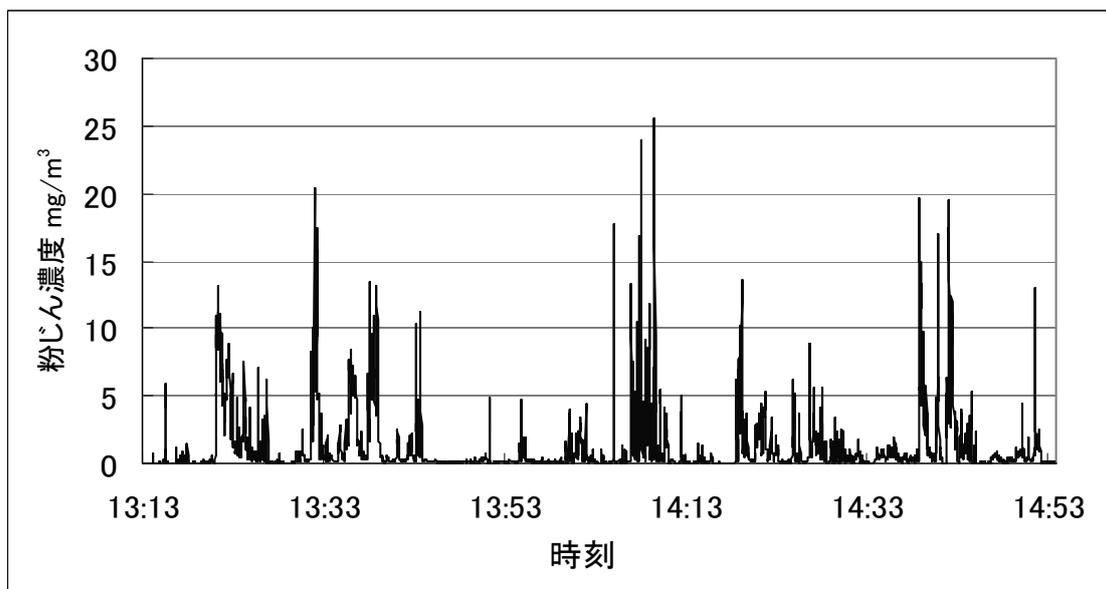



図 18-1

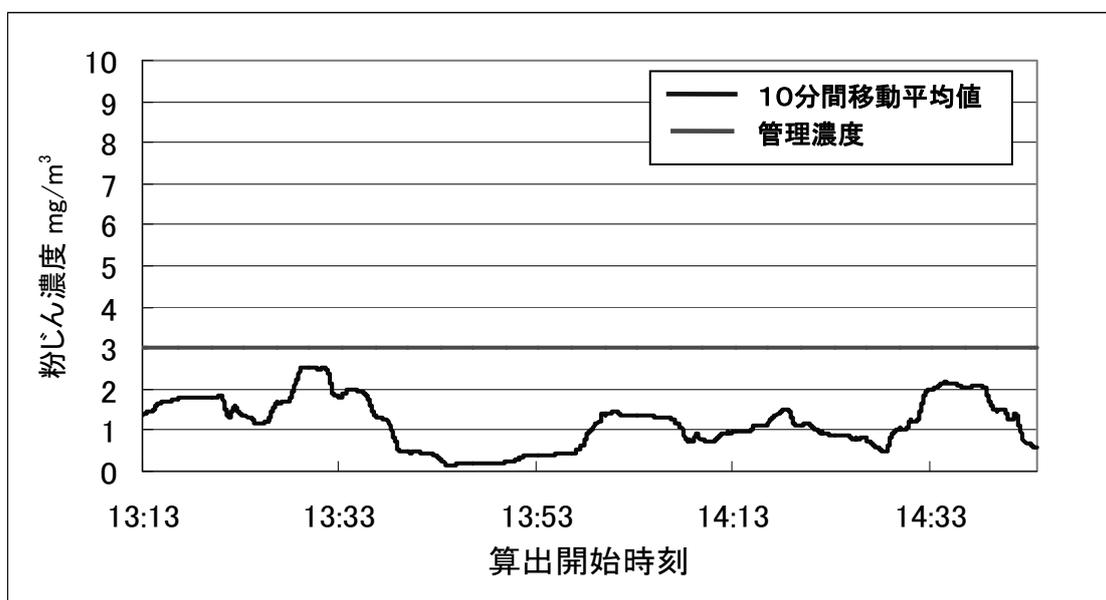



図 18-2

作業者 C-10

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－10	8:36～8:57	7.85	3.00	0	ガス溶断

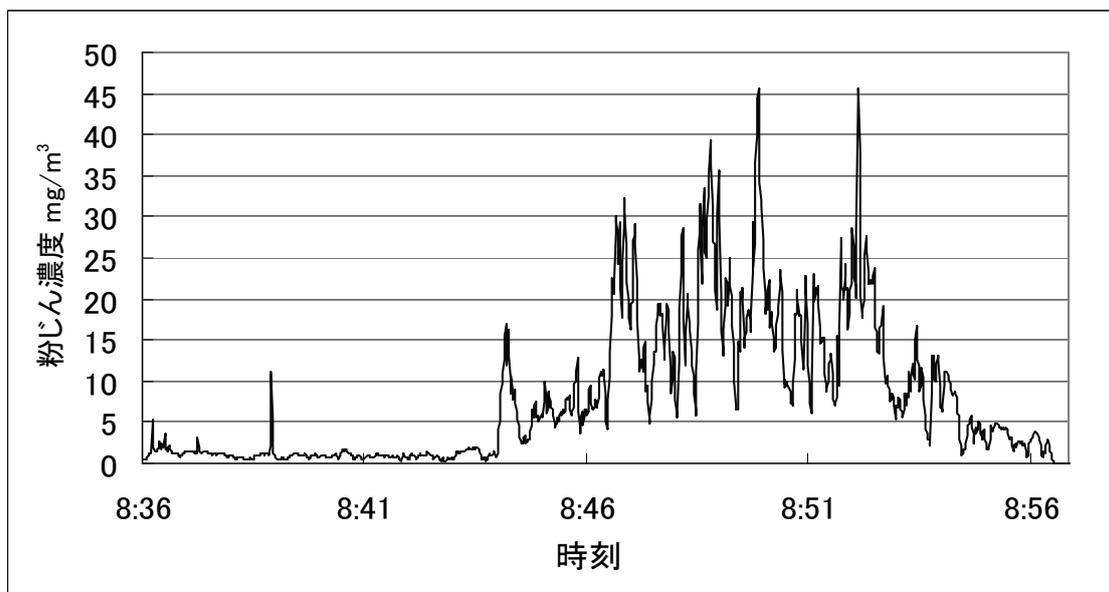



図 19-1

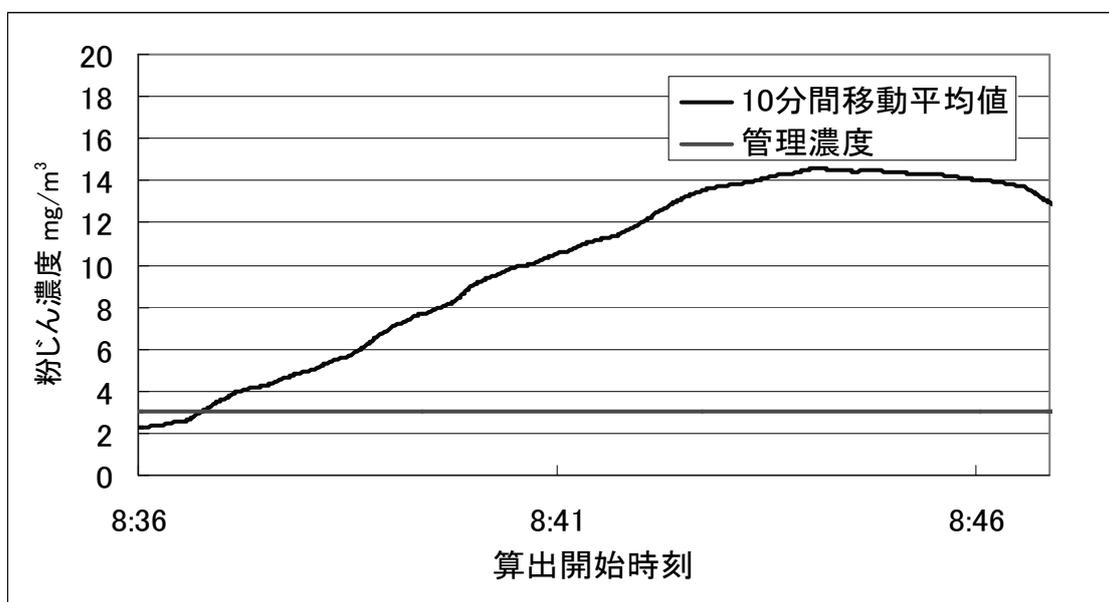



図 19-2

作業者 C-11

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m3)	管理濃度 (mg/m3)	遊離けい酸 含有率(%)	作業
C－11	10:09～10:57	2.70	3.00	0	ガス溶断

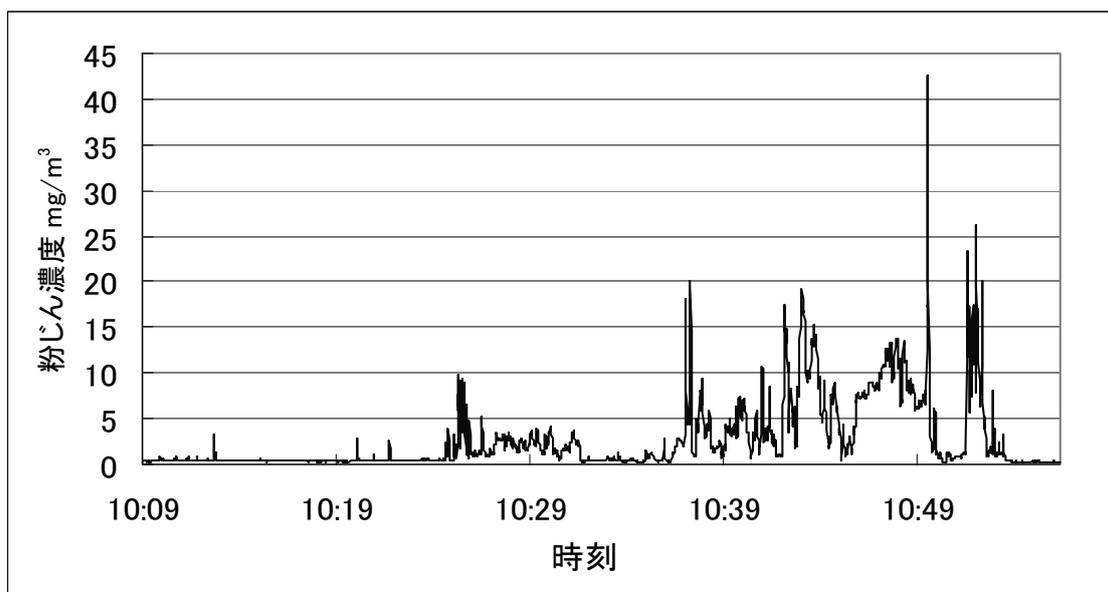



図 20-1

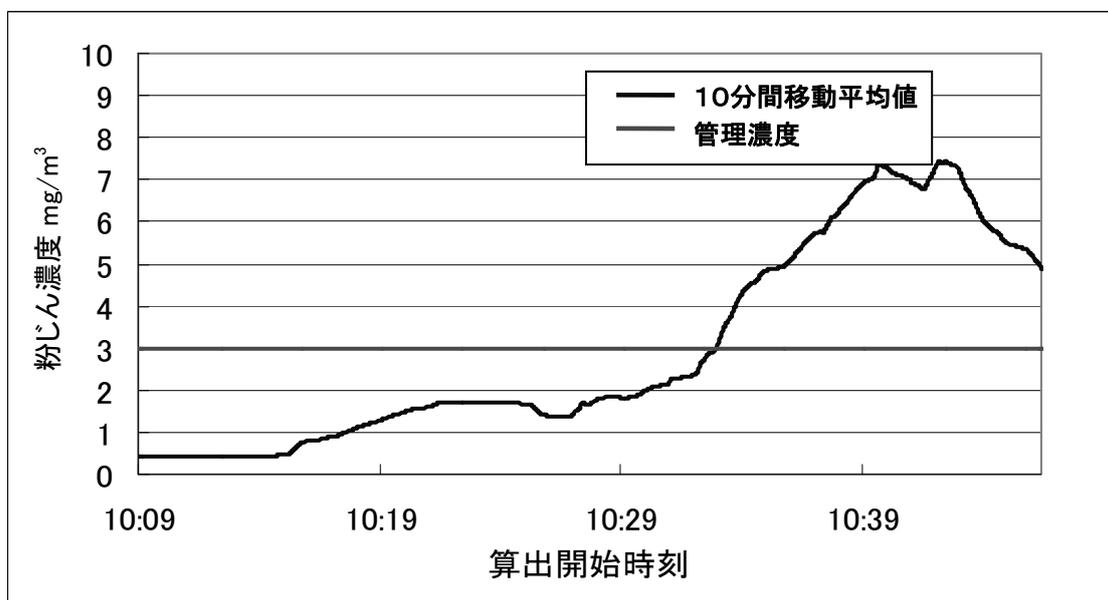



図 20-2

作業者 C-13

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－13	8:34～9:31	1.48	3.00	0	ガス溶断

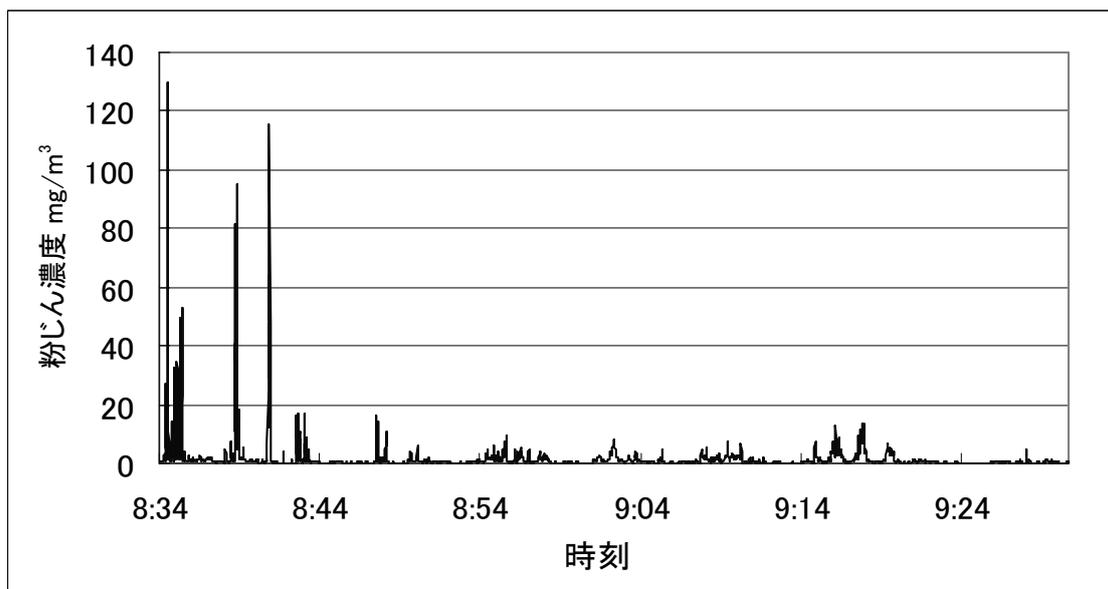



図 21-1

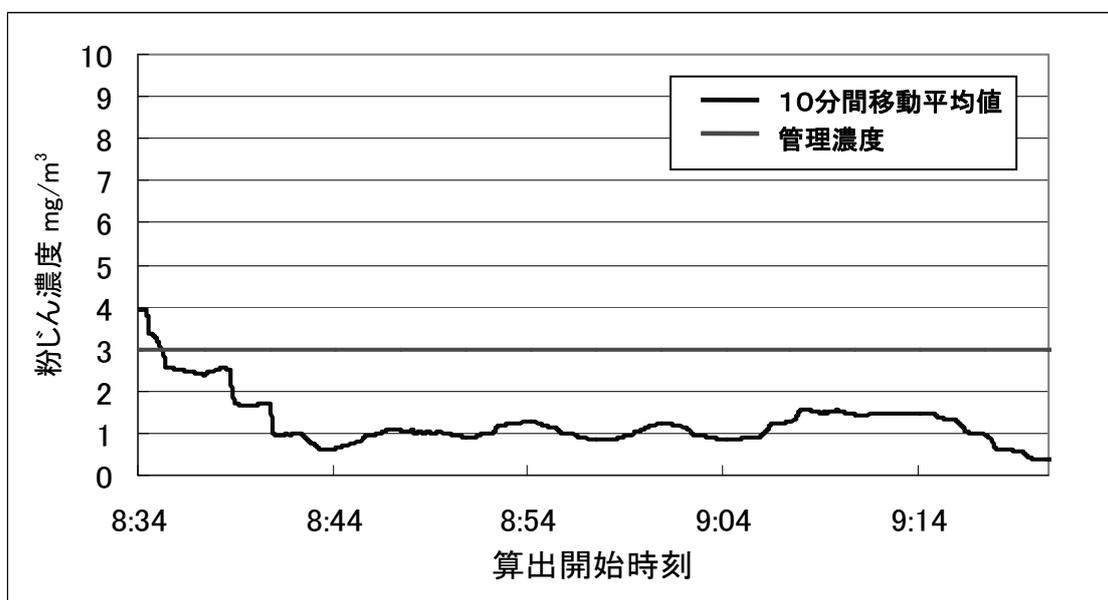



図 21-2

作業者 C-5,16　（被覆アーク溶接）

屋外における、船体部分の被覆アーク溶接作業を対象に、延べ 2 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

作業者は C-5、16 で、表 5 に測定結果、図 22-1、23-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 22-2、23-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じん濃度の測定結果は、C-5：7.74mg/m^3、C-16：0.09mg/m^3 であった。測定結果の評価では、C-15 が管理濃度を超え、評価「2」に該当した。

なお、C-5 の溶接作業の特徴は、主たる溶接作業が間歇的ではあるが長時間であったこと、溶接物の構造から作業位置の自然換気が充分でなかったこと、及び作業姿勢がかがみ込み姿勢であったことなどである。

一方、C-16 の測定値は、管理濃度を超えてはいなかったが、散発的に高濃度の粉じんのばく露があることが観察された。

作業者 C-5

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－5	10:15～11:46	7.74	3.00	0	被覆アーク溶接

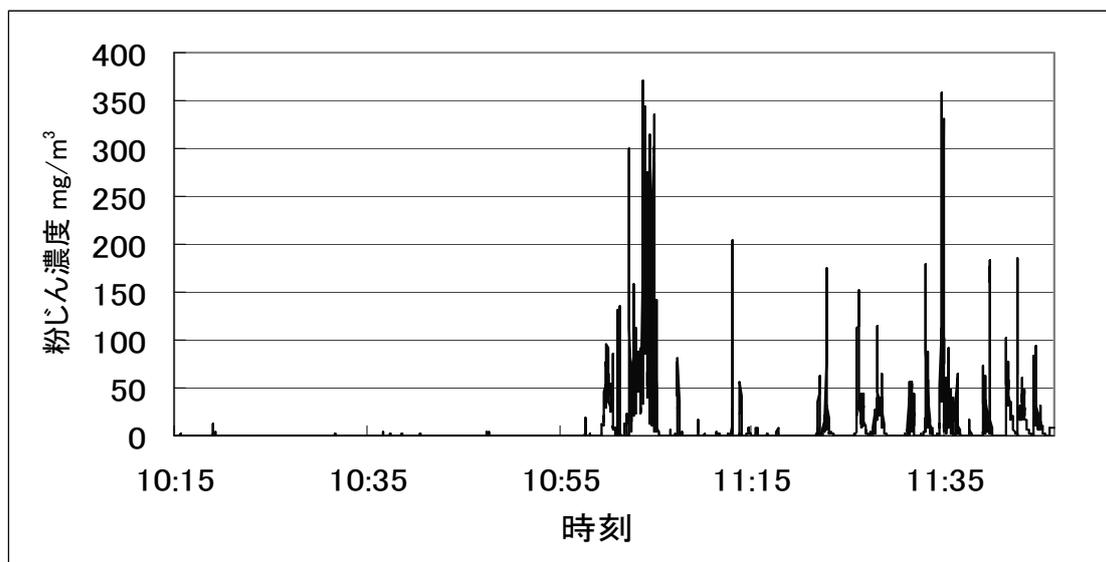



図 22-1

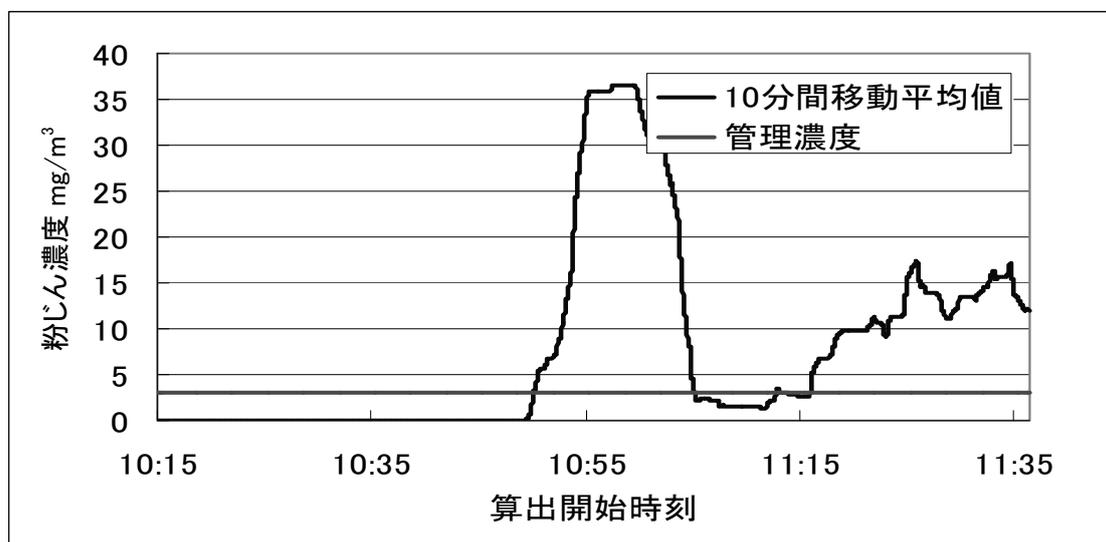



図 22-2

作業者 C-16

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－16	13:34～14:48	0.09	3.00	0	被覆アーク溶接

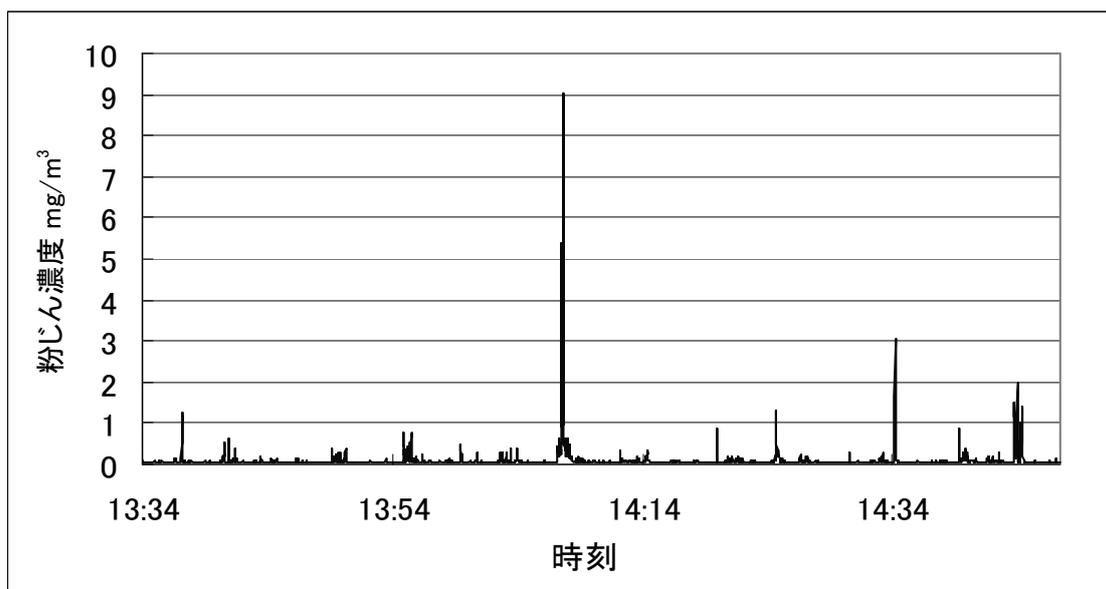



図 23-1

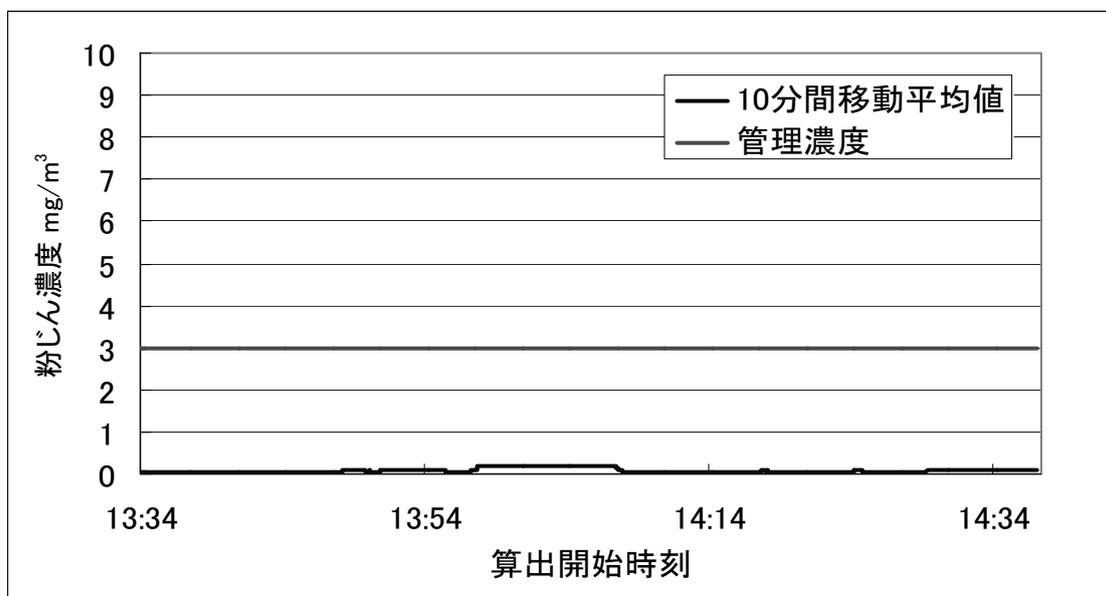



図 23-2

作業者 C-7,15　（ガウジング）

屋外における、船体部分のガウジング作業を対象に、延べ 2 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

作業者は C-7、15 で、表 5 に測定結果、図 24-1、25-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 24-2、25-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じんの測定結果は、C-7：2.31mg/m^3、C-15：2.12mg/m^3 であった。測定結果の評価では、両者ともに管理濃度を超えることなく、評価「1」に該当した。しかし、C-7 の測定値は、管理濃度を超えてはいないが、ガウジング作業時には極めて高濃度の粉じんのばく露があることが観察された。粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移も当該作業が行われた時間帯を中心に管理濃度を超える状態であった。

また、C-15 のガウジング作業でも、瞬間値では管理濃度を超える値が見られ、粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の 6%程度で管理濃度を超える高い値の粉じん濃度が認められた。

作業者 C-7

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m³)	管理濃度 (mg/m³)	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－7	13:10～15:06	2.31	3.00	0	ガウジング

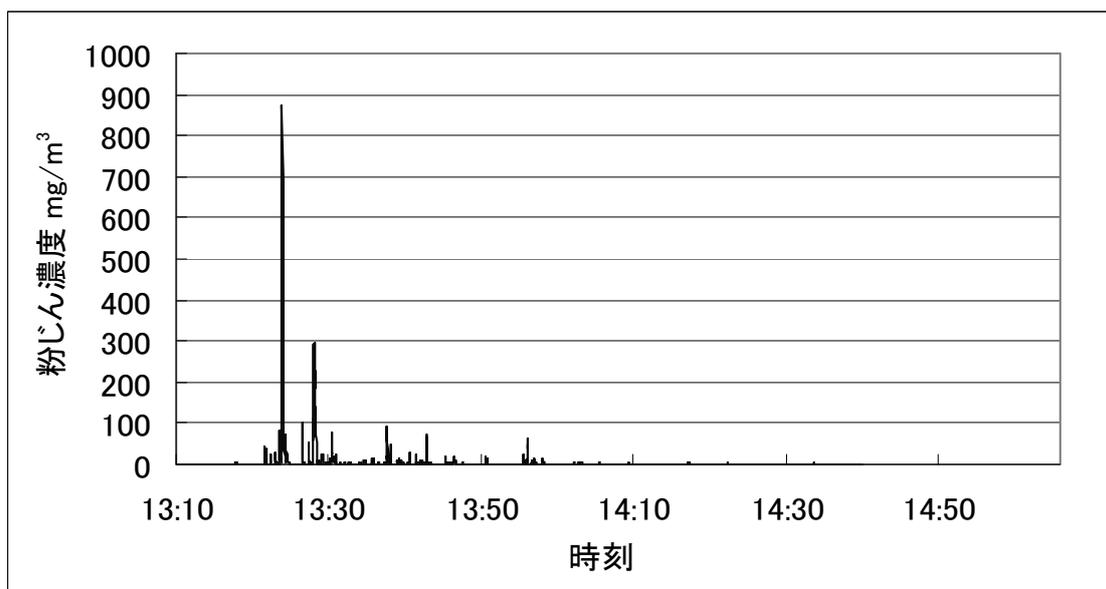



図 24-1

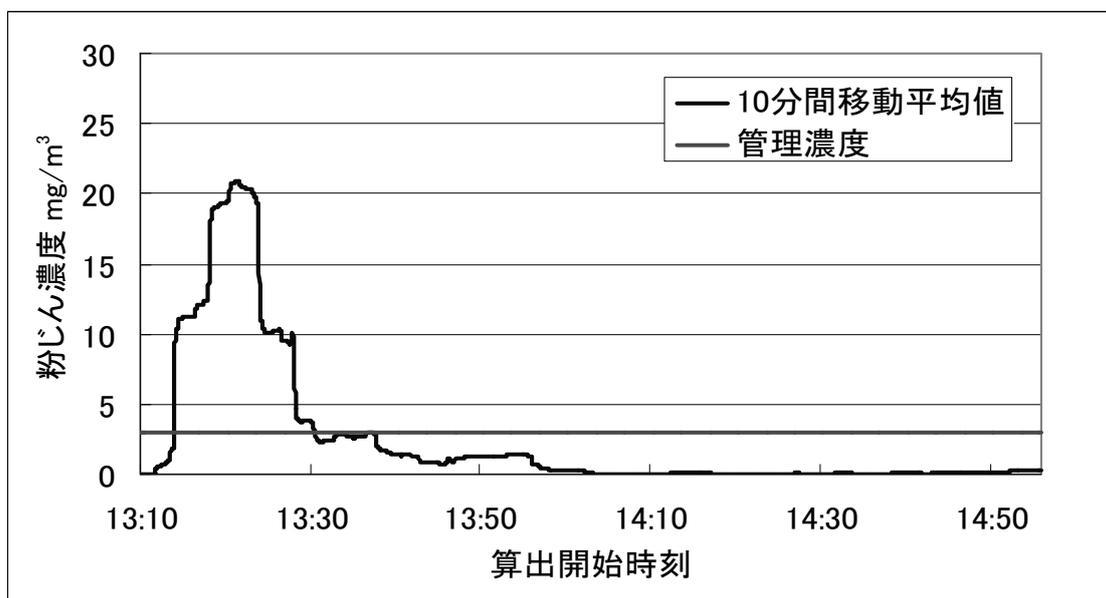



図 24-2

作業者 C-15

作業者	測定時刻	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
C－15	13:24～14:49	2.12	3.00	0	ガウジング

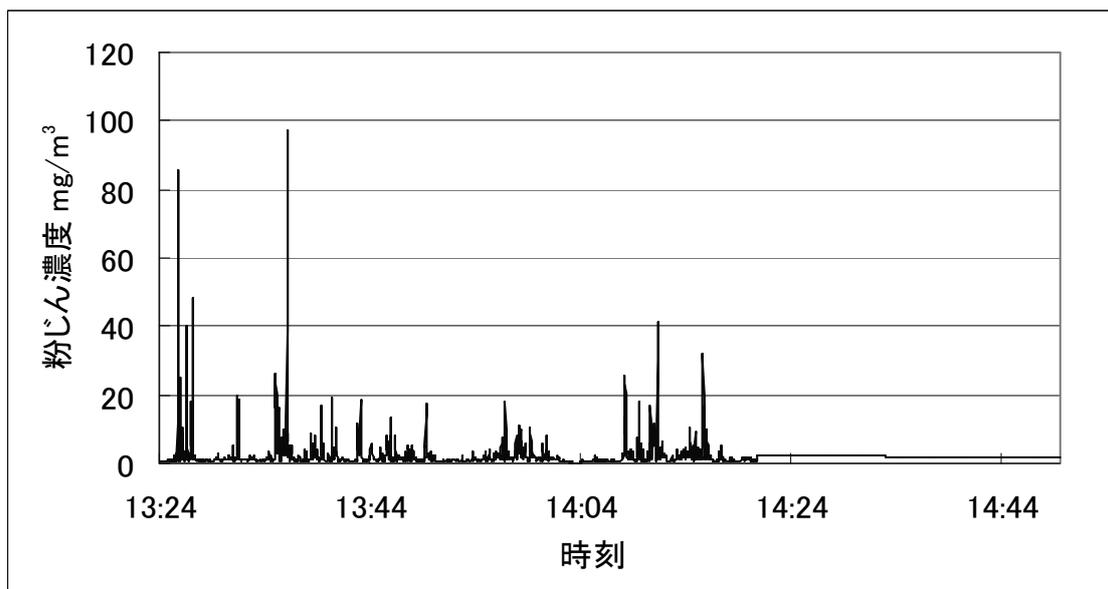



図 25-1

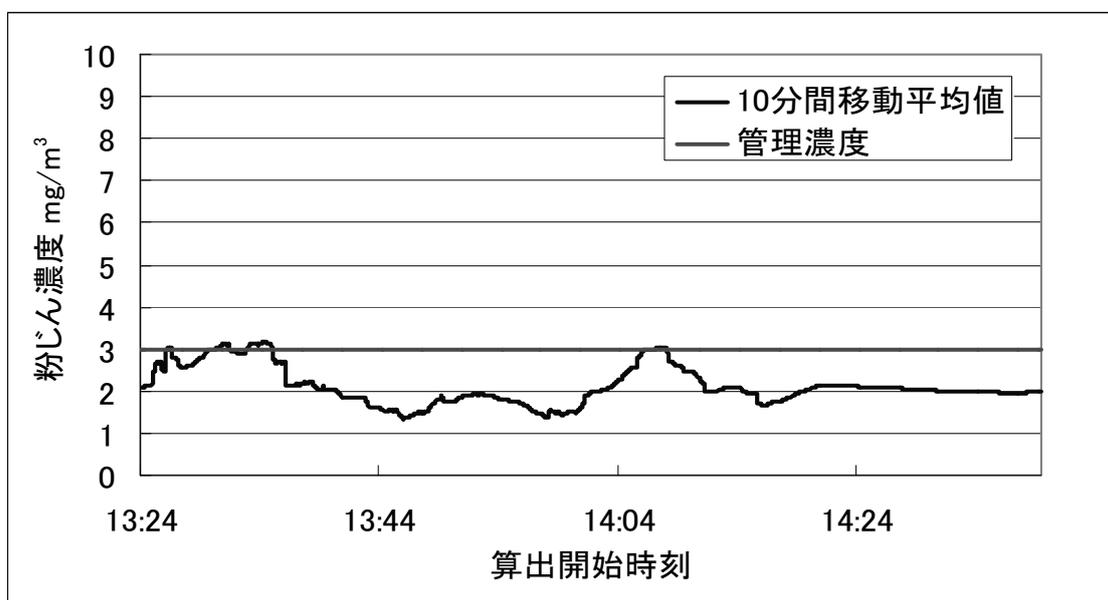



図 25-2

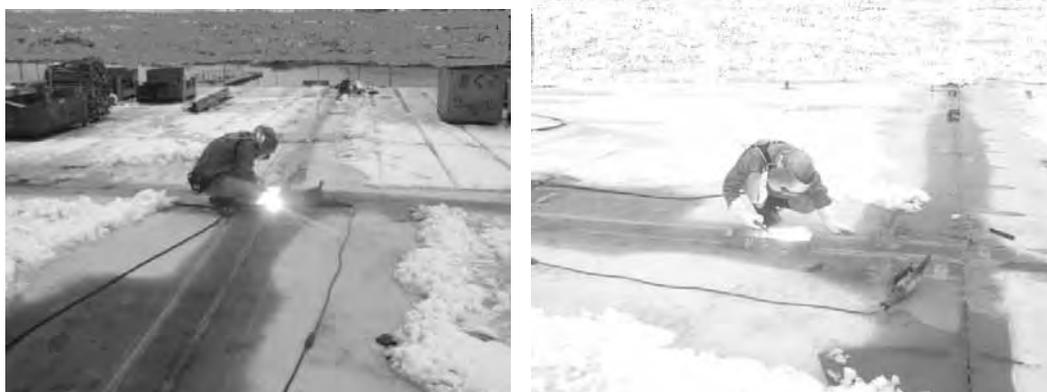
作業者 C-6　（炭酸ガス半自動アーク溶接）

屋外における、船体の炭酸ガス半自動アーク溶接作業を対象に、C-6 の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

表 5 に測定結果、図 26-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 26-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を示した。

粉じん濃度の測定結果は、3.13mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を上回り、評価「2」に該当した。粉じん濃度の経時的変化を見ると、溶接作業中に管理濃度を超えることが頻発し、10 分間移動平均濃度でも、作業時間中の 40％を超える時間帯で管理濃度を超える状態であった。

炭酸ガス半自動アーク溶接作業の特徴は、溶接作業が比較的長時間であったり、粉じんの発散量が多いことである。

作業者 C-6

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m³)	管理濃度 (mg/m³)	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－6	13:30～15:52	3.13	3.00	0	炭酸ガス半自動アーク溶接

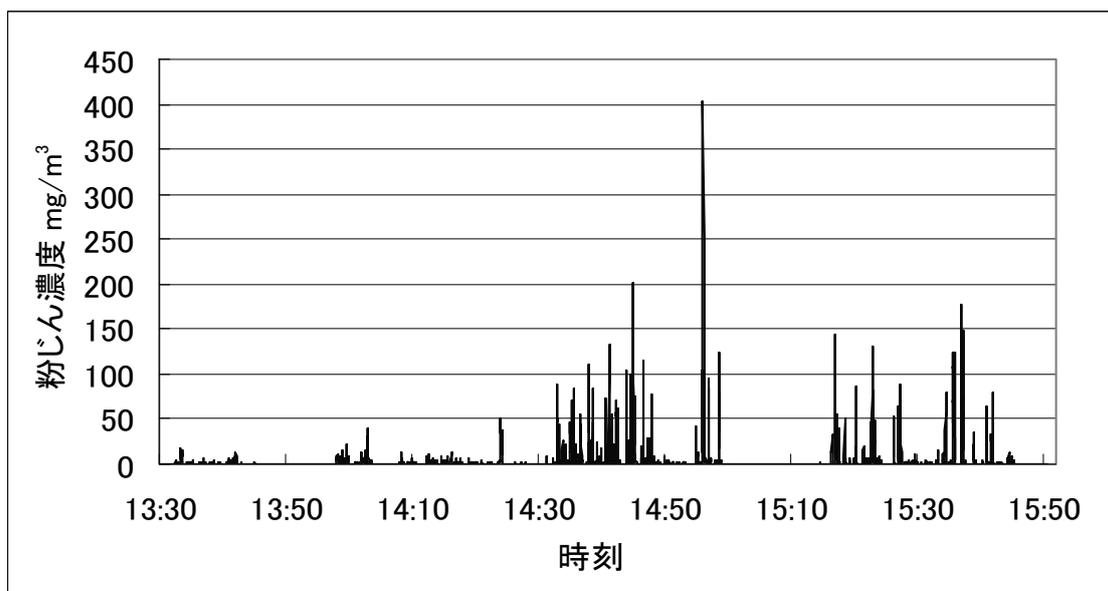



図 26-1

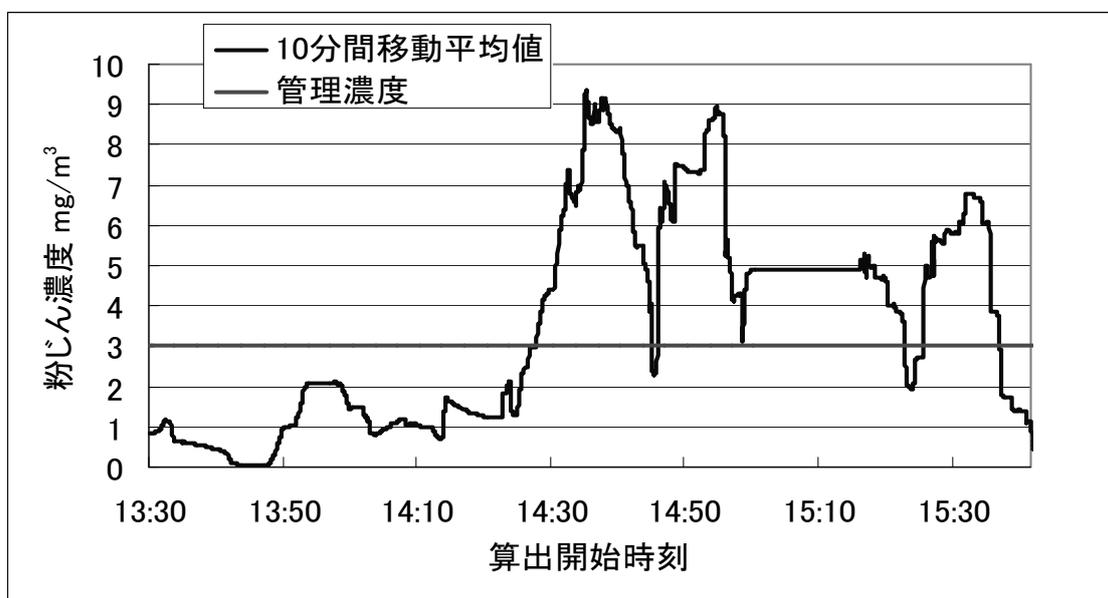



図 26-2

作業者 C-3　（玉掛け）

屋外における、粉じんの発散に伴わない船体組立て作業に従事する C-3 作業者を対象に、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度の推移を測定した。

表 5 に測定結果、図 27-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 27-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じん濃度の測定結果は、0.22mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超えることはなく、評価「1」に該当した。

粉じん濃度の経時的変化を見ると、瞬間的には高い粉じん濃度のばく露が見られたものの、10 分間移動平均濃度の推移では、全時間帯で管理濃度を大きく下回っていた。

作業者 C-3

作業者	測定時刻	粉じん濃度 (mg/m³)	管理濃度 (mg/m³)	遊離けい酸含有率(%)	作業
C－3	8:28～10:16	0.22	3.00	0	玉掛け

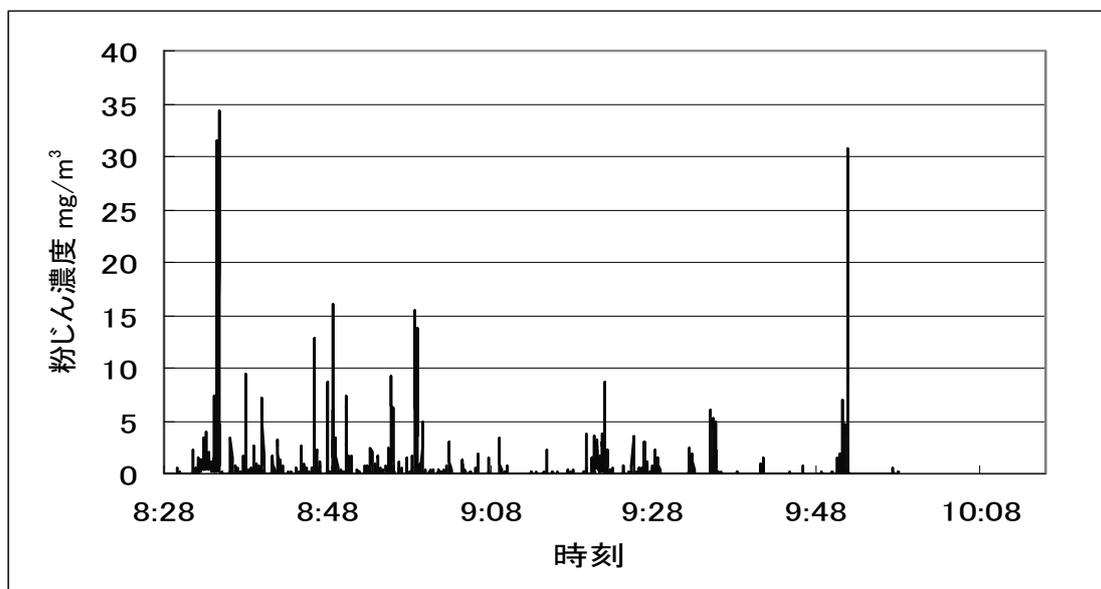



図 27-1

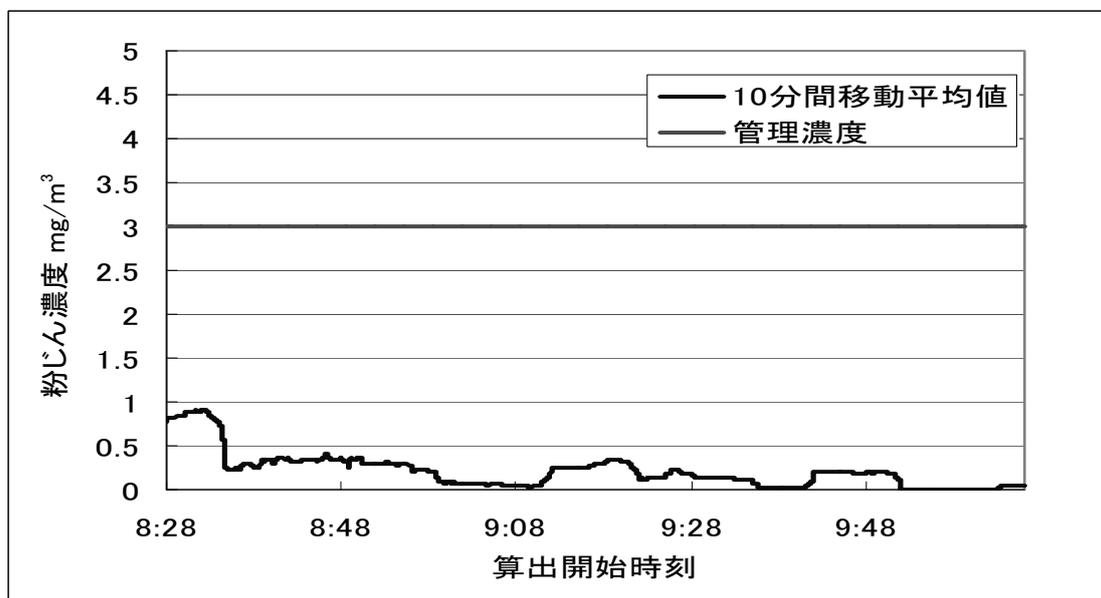
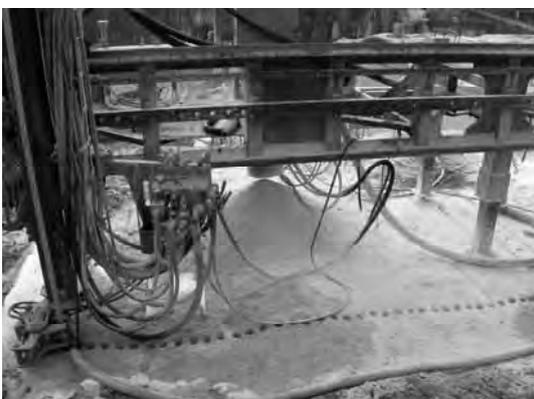



図 27-2

(4)石材採石・加工作業

作業者 D-1,4 （穿孔：切り出し）

屋外における、石材切り出し作業場での自動穿孔機による穿孔作業を対象に、延べ 2 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は D-1、4 で、表 5 に測定結果、図 28-1、29-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 28-2、29-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

当該作業の管理濃度は、粉じん中の遊離けい酸含有率を分析し、所定の式で算出した結果、0.06 mg/m^3 となった。

粉じん濃度の測定結果は、D-1：4.06mg/m^3、D-4：0.87mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 2/2 名となった。

経時的変化を見ても、両者ともに当該機の稼動時には、非常に高い粉じん濃度が継続して観察された。また、10 分間移動平均濃度の推移では、両者ともに当該機の稼動時の全ての時間帯で管理濃度を超えていることが認められた。

作業者 D-1

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
Ｄ－１	10:25～11:58	4.06	0.06	38.8	穿孔

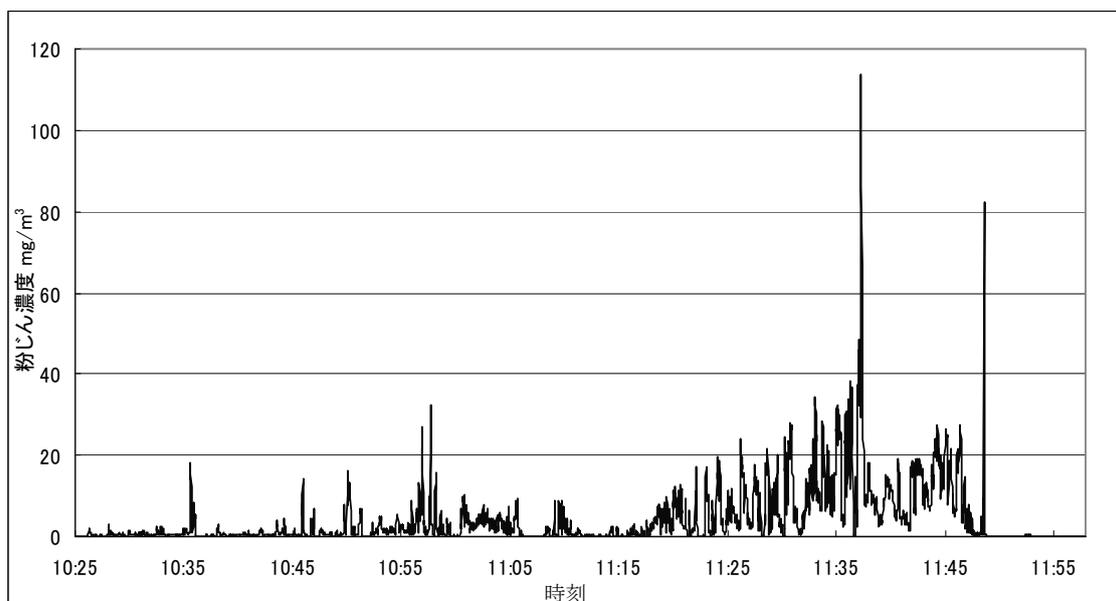



図 28-1

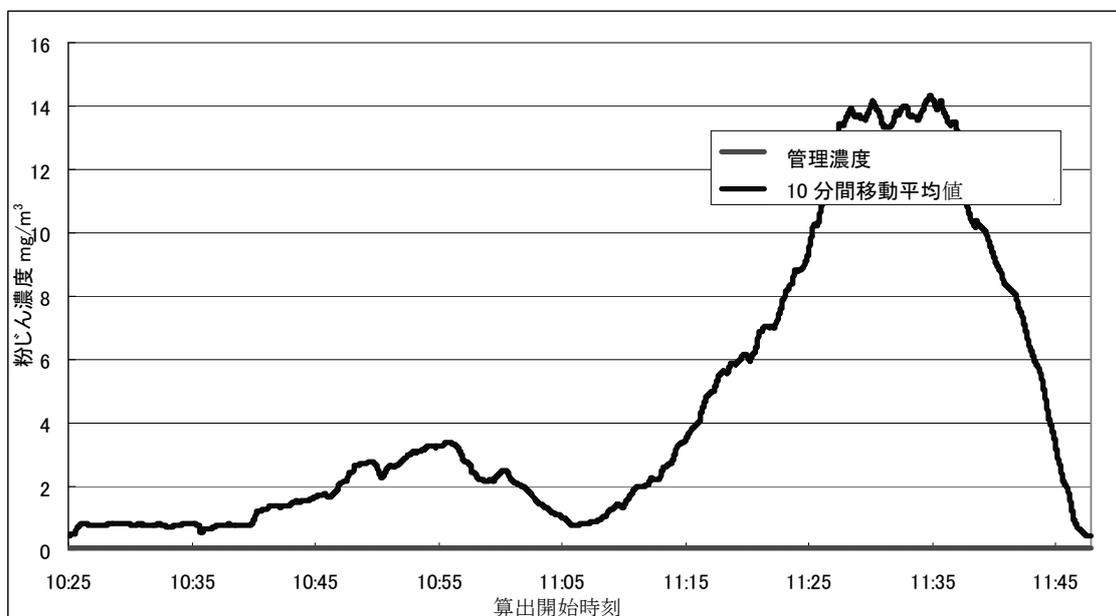



図 28-2

作業者 D-4

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－4	13:10～14:56	0.87	0.06	38.8	穿孔

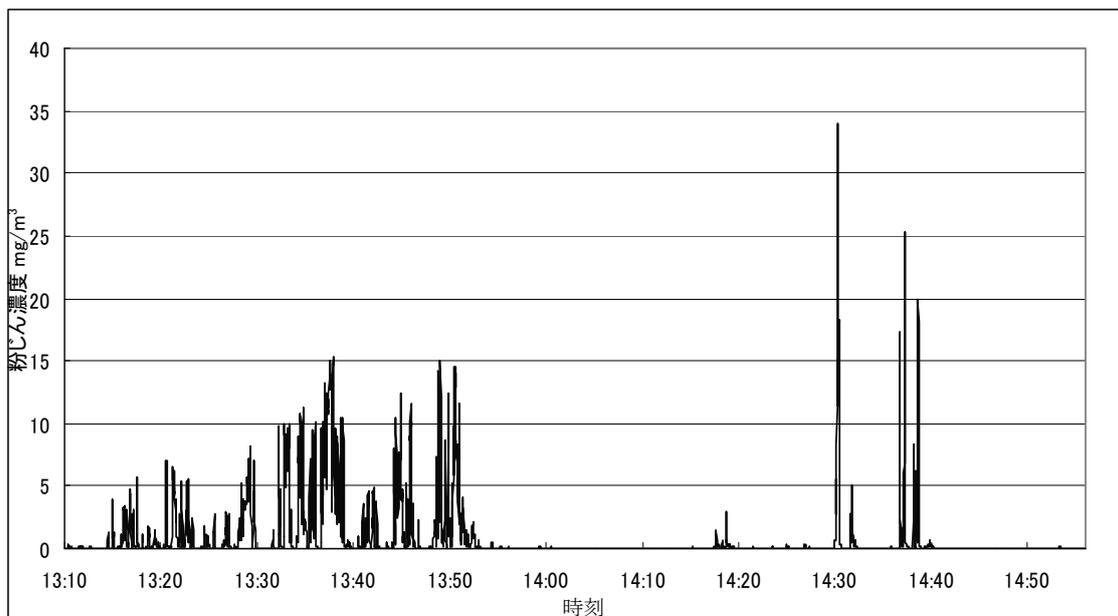



図 29-1

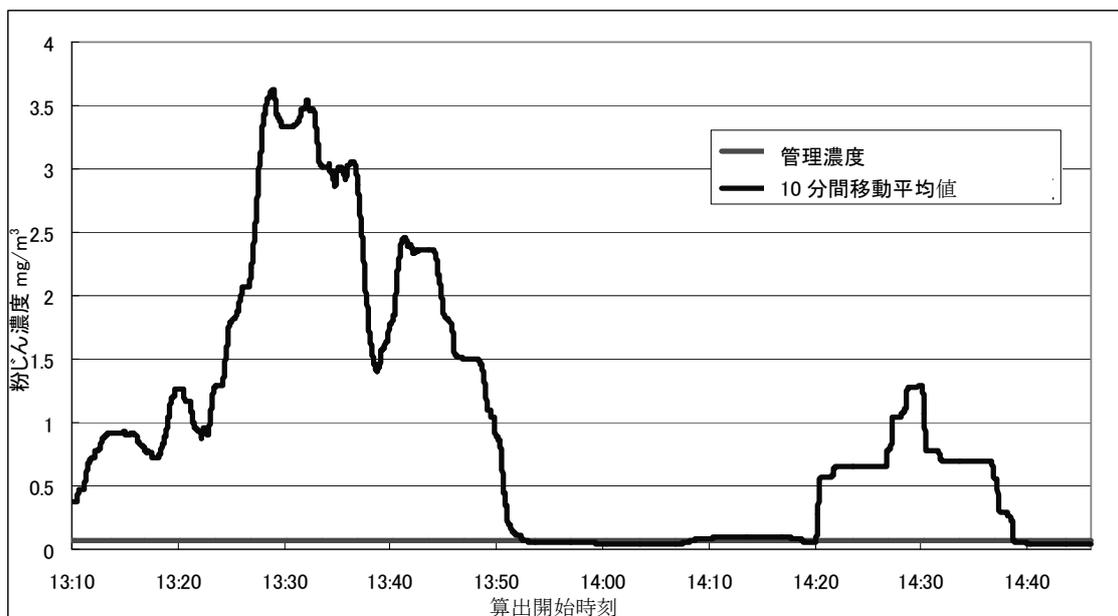



図 2

作業者 D-3,6,8,9　（削孔：小割）

屋外における、小割り作業場所での手持ちチッピングハンマー（鑿）による石材の削孔作業を対象に、延べ 4 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は D-3、6、8、9 で、表 5 に測定結果、図 33-1、34-1、35-1、36-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 33-2、34-2、35-2、36-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じん濃度の測定結果は、D-3：0.62mg/m^3、D-6：0.50mg/m^3、D-8：0.47mg/m^3、D-9：0.63mg/m^3 であった。測定結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 4/4 名であった。

粉じん濃度の経時的変化を見ると、作業中は非常に高い粉じん濃度が頻繁に観察された。また、10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の 1/2 を超える時間帯で管理濃度を超えていることが認められた。

また、当該作業場周辺を大型重機が従事した路面及び堆積じんを巻き上げているとともに、発じん源を抱え込むような作業姿勢を取ることはないものの、風向によって削孔部からの発じんや堆積じんの二次発じんを受けていた。

作業者 D-3

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
Ｄ－３	10:38～11:54	0.62	0.06	38.8	削孔

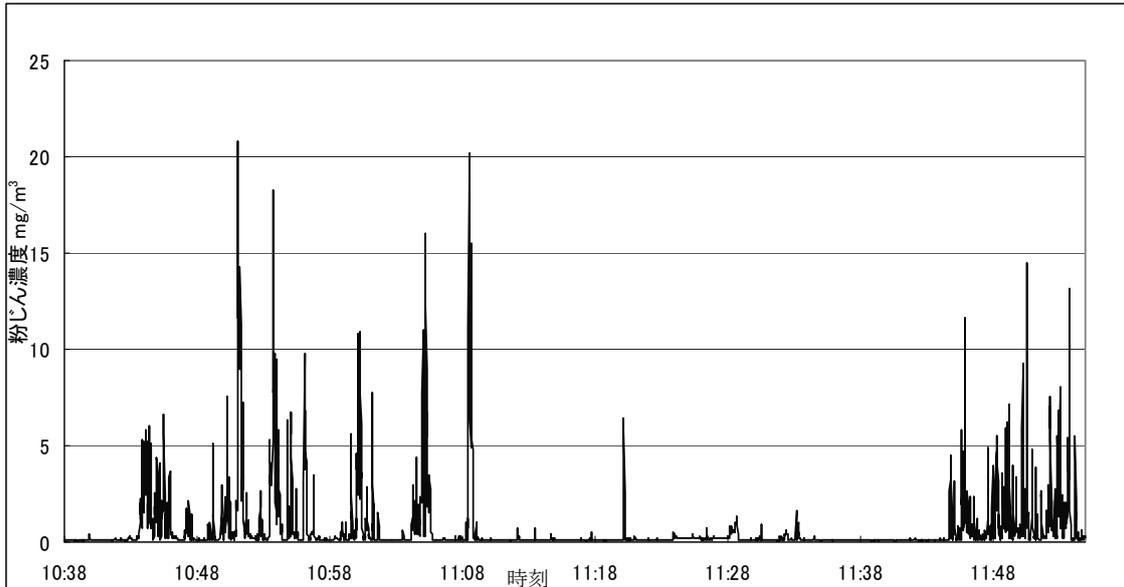



図 33-1

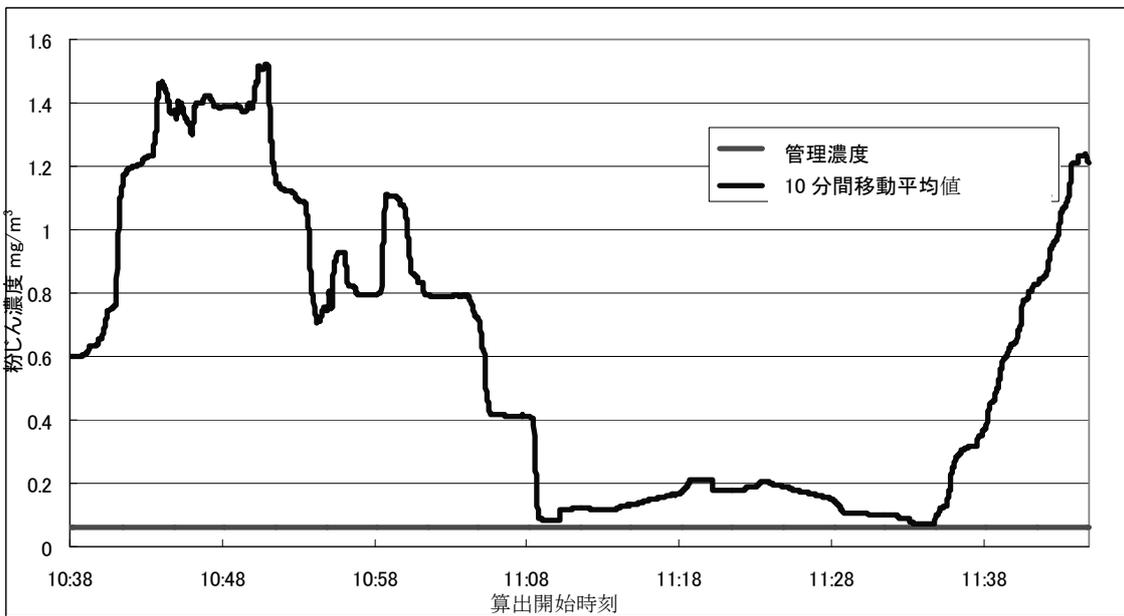



図 33-2

作業者 D-6

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－6	13:25～14:52	0.50	0.06	38.8	削孔

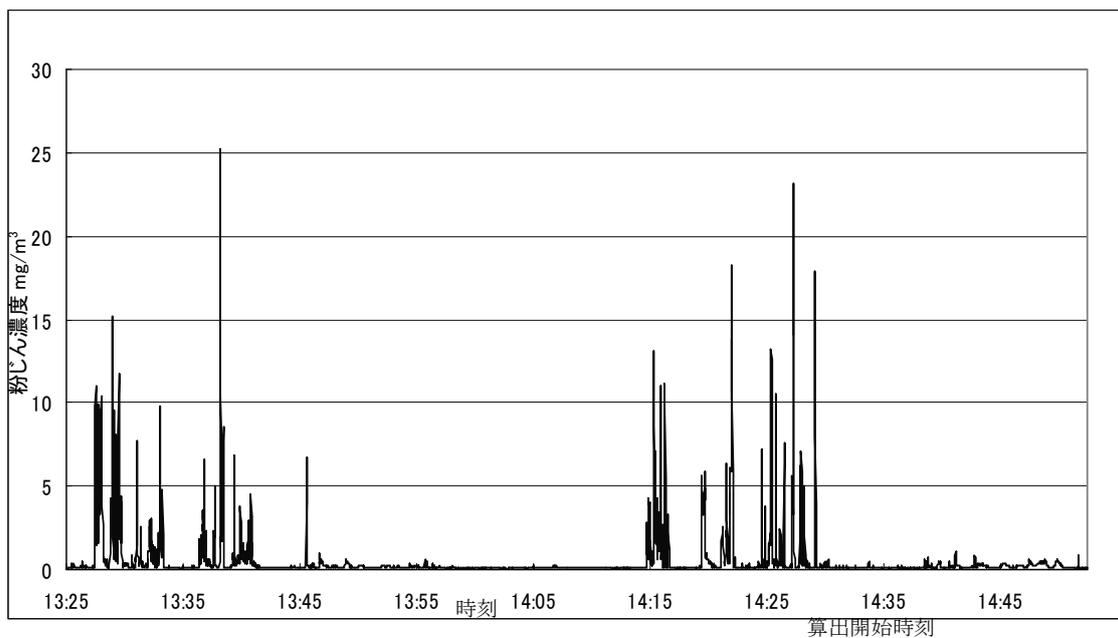



図 34-1

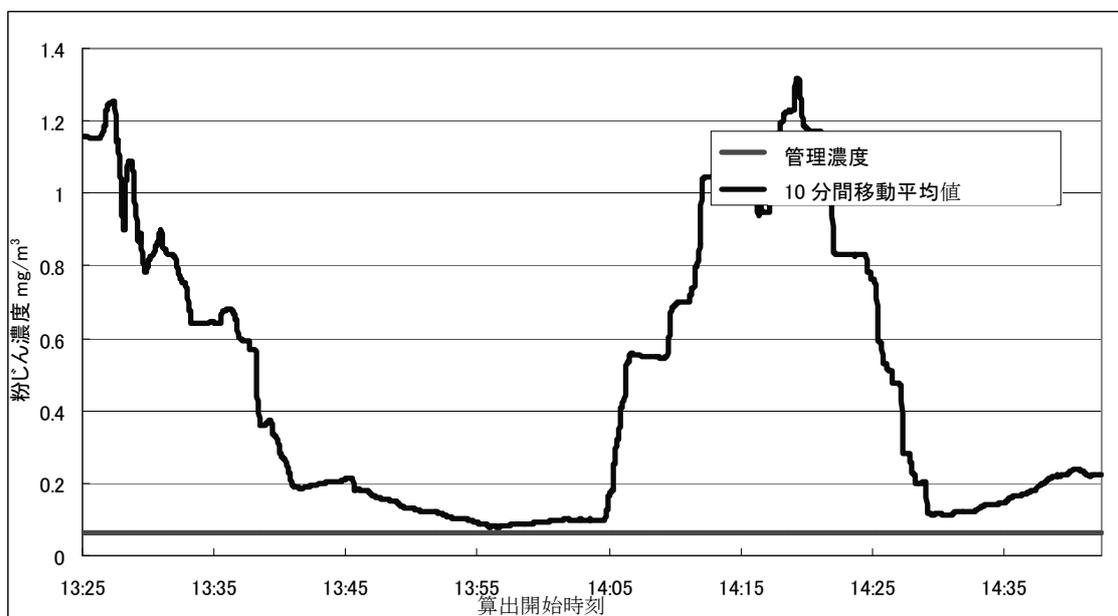



図 34-2

作業者 D-8

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－8	15:33～16:32	0.47	0.06	38.8	削孔

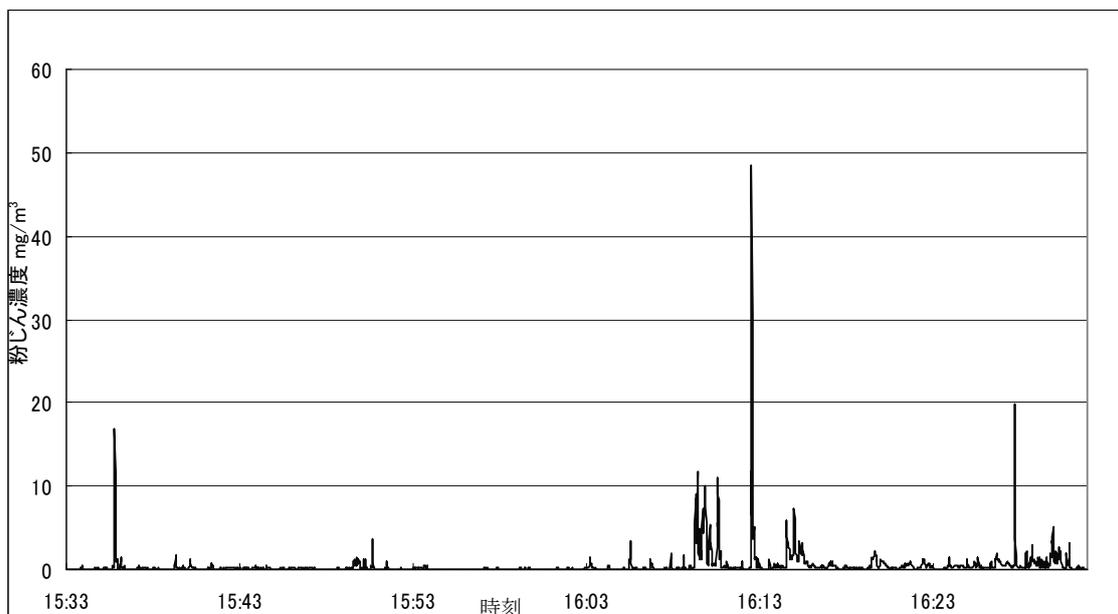



図 35-1

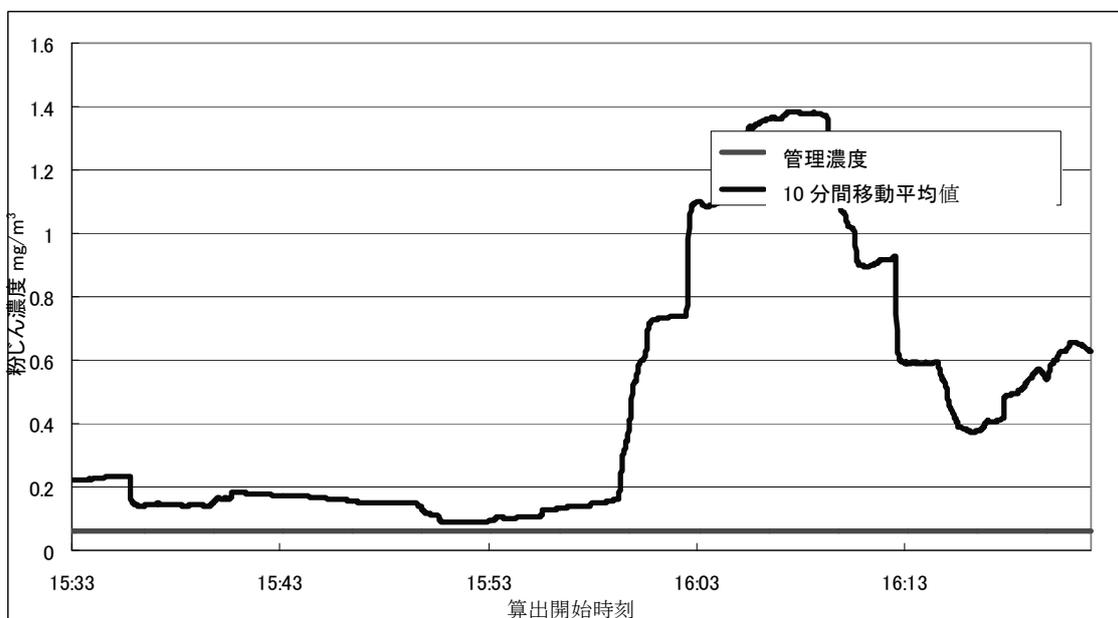



図 35-2

作業者 D-9

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－9	15:59～16:29	0.63	0.06	38.8	削孔

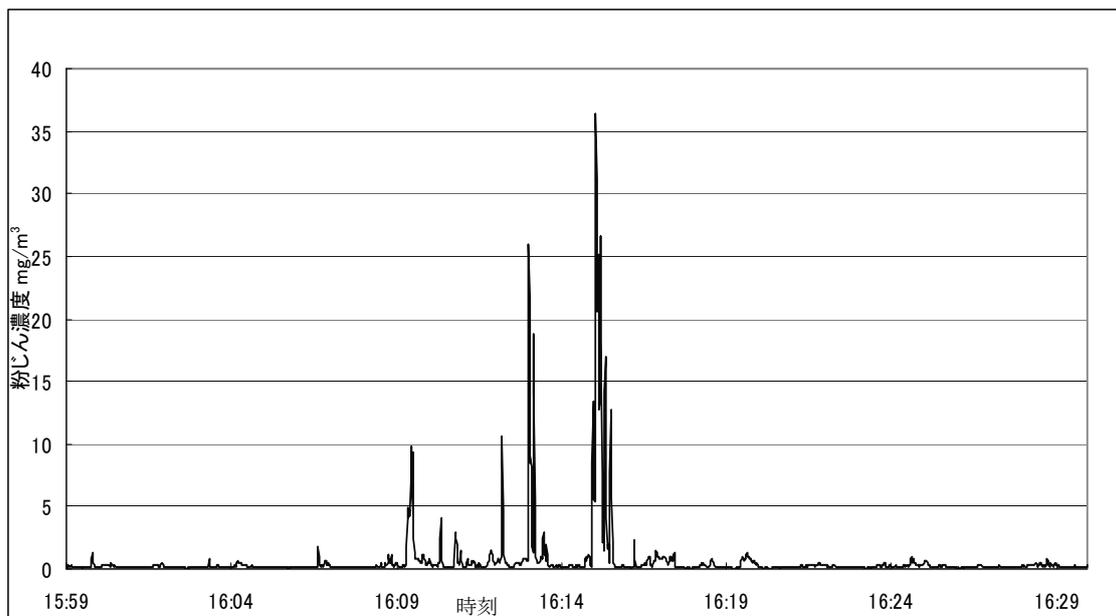
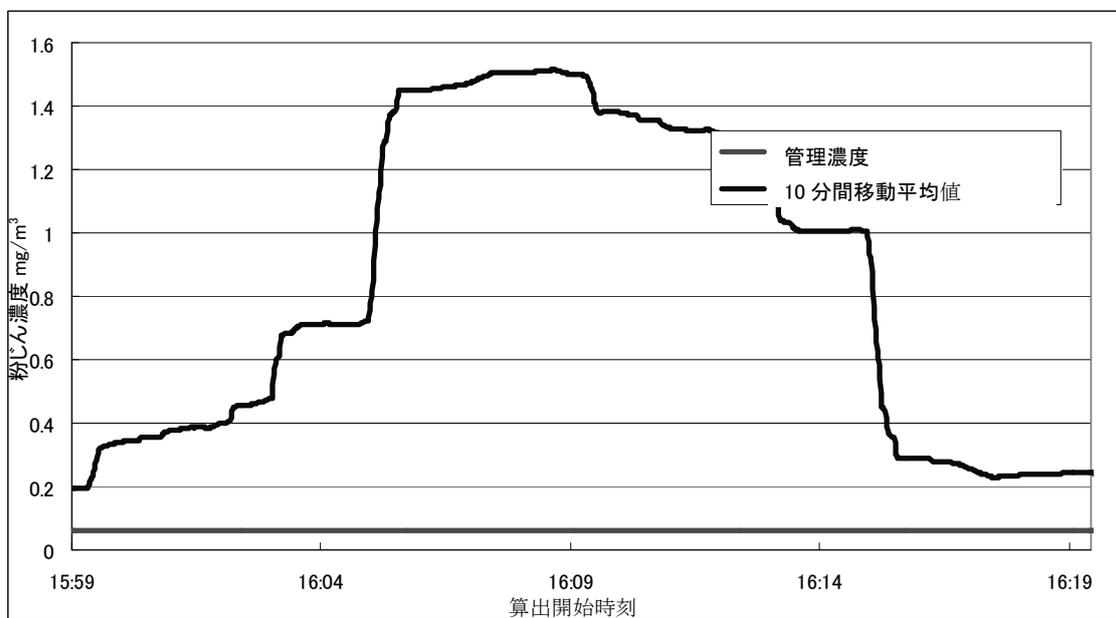



図 36-1

図 36-2

参考:作業者 D-2,5,7（研削）

さ

1 方向開放型作業場における、手持ちグラインダによる石材の研削作業を対象に、延べ 3 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの 10 分間移動平均濃度を測定した。

作業者は D-2、5、7 で、表 5 に測定結果、図 30-1、31-1、32-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 30-2、31-2、32-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じん濃度の測定結果は、D-1：2.42mg/m^3、D-5：3.42mg/m^3、D-7：3.95mg/m^{3}であった。作業環境の測定の結果の評価では、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 3/3 名であった。

経時的変化を見ると、瞬間的には非常に高い粉じん濃度が頻繁に観察された。また 10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の全ての時間帯で管理濃度を超えていた。

作業者 D-2

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－2	10:48～11:58	2.42	0.05	46.2	研削

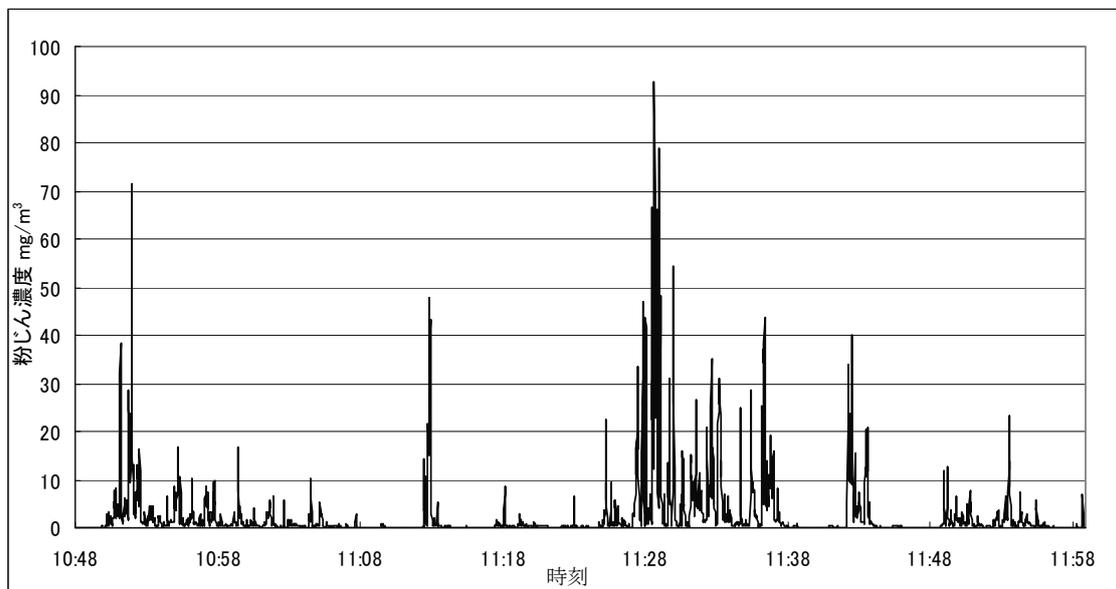



図 30-1

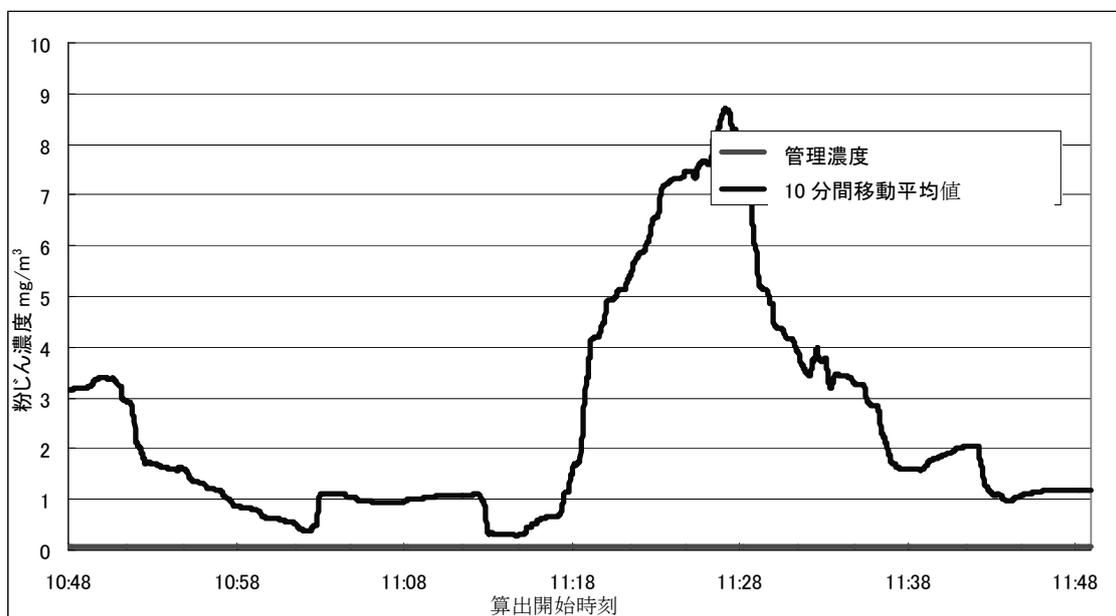



図 30-2

作業者 D-5

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
D－5	13:16～14:47	3.42	0.05	46.2	研削

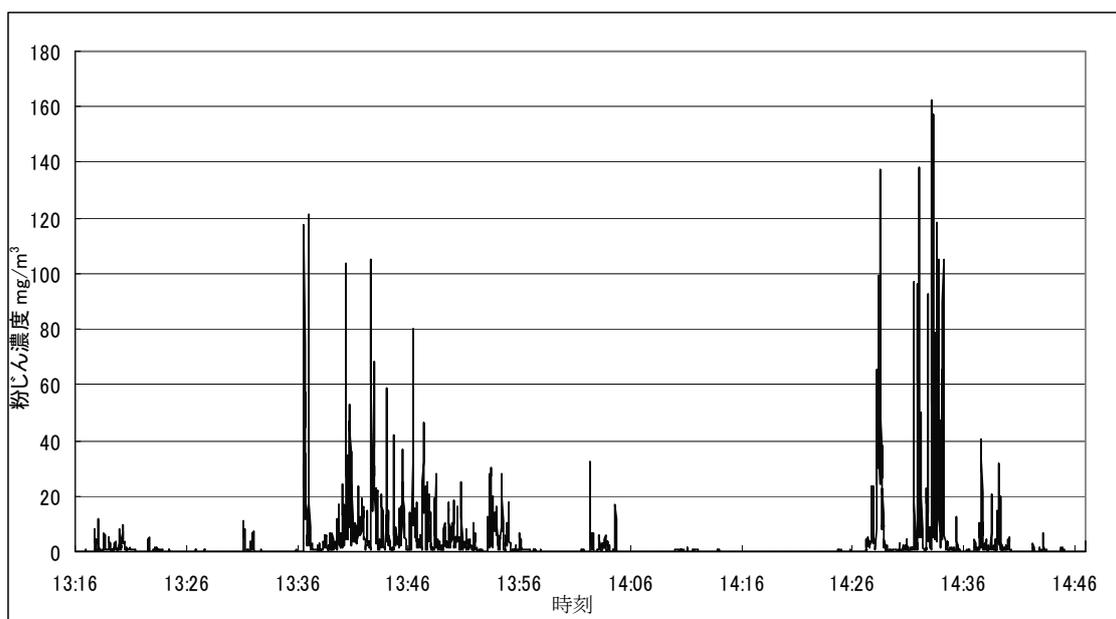



図 31-1

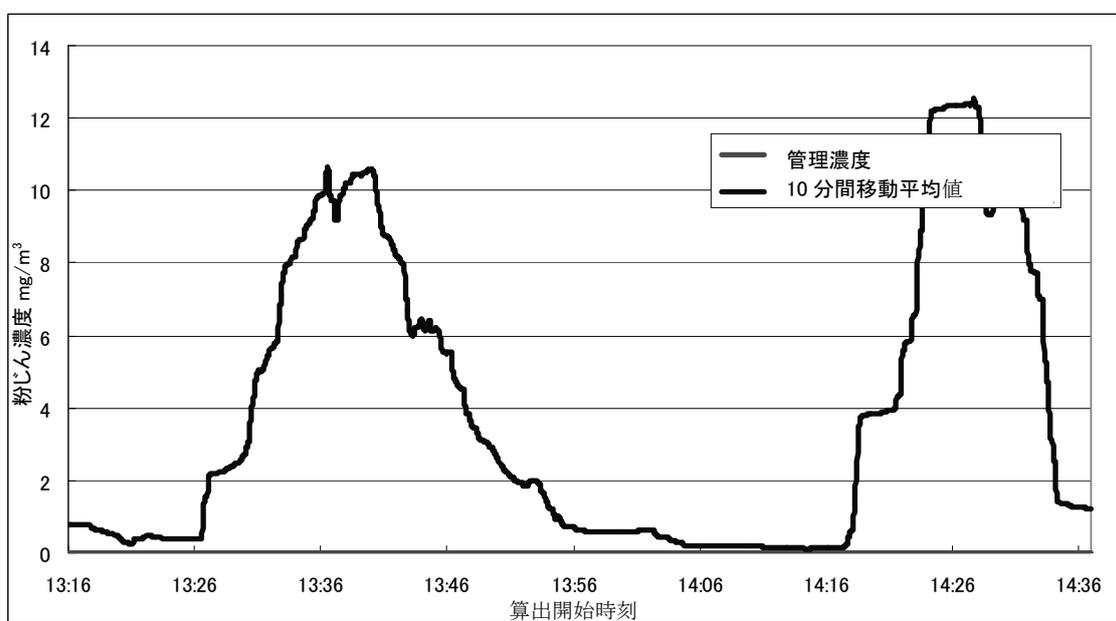



図 31-2

作業者 D-7

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率(%)	作業
D－7	15:24～16:09	3.95	0.06	38.8	研削

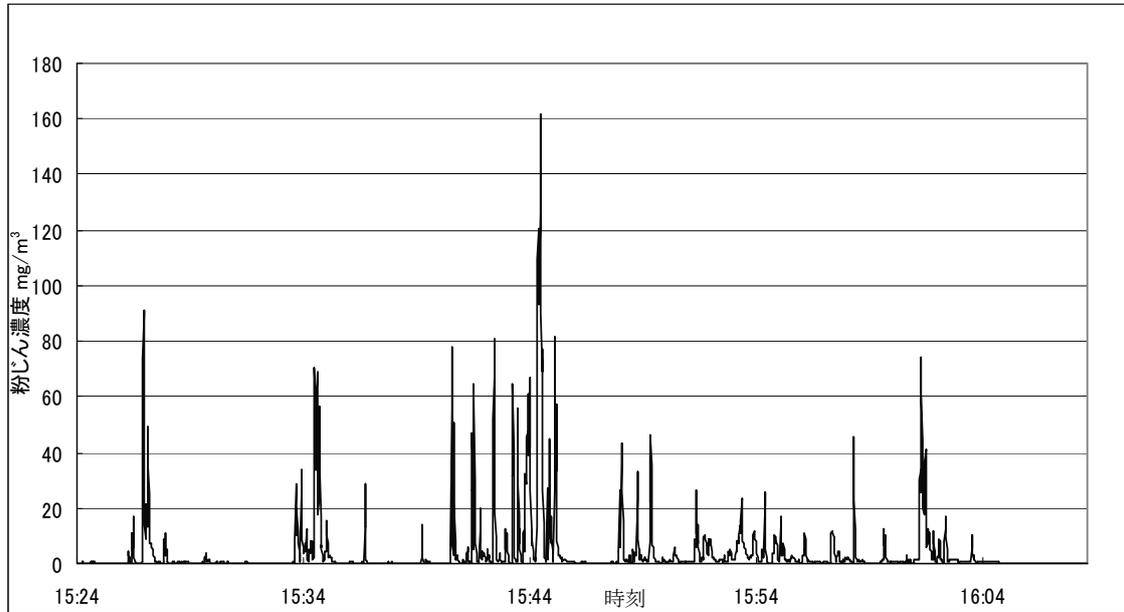



図 32-1

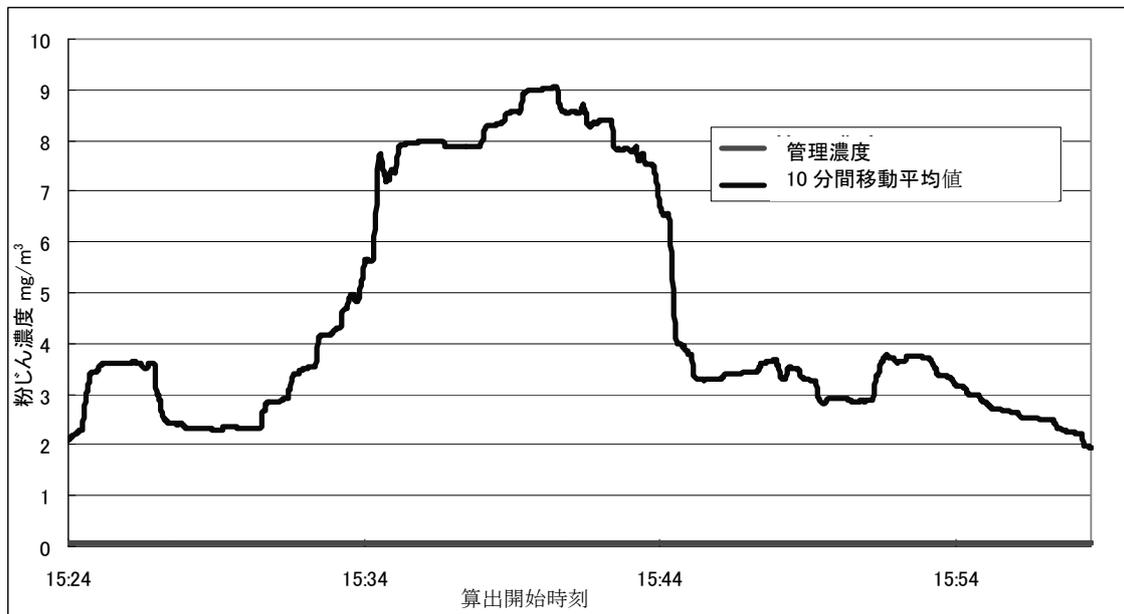



図 32-2

参考:作業者 E-1,2,3,4,5,6 （研削・ビシャン加工）

屋内における、手持ちグラインダー、ビシャン工具による石材の研削作業を対象に、延べ 6 名の作業者について、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定、粉じん濃度の経時的変化及び粉じんの10分間移動平均濃度を測定した。

作業者は E-1～6 で、表 5 に測定結果、図 37-1、38-1、39-1、40-1、41-1、42-1 に粉じん濃度の経時的変化、図 37-2、38-2、39-2、40-2、41-2、42-2 に粉じんの 10 分間移動平均濃度を示した。

粉じん濃度の測定結果は、E-1：4.74mg/m^3、E-2：1.38mg/m^3、E-3：2.63mg/m^3、E-4：1.90mg/m^3、E-5：2.32mg/m^3、E-6：3.68mg/m^3 であった。測定結果の評価は、管理濃度を超え、評価「2」に該当するものが 6/6 名となった。

経時的変化を見ると、非常に高い粉じん濃度のばく露が作業中に頻繁に観察された。また、10 分間移動平均濃度の推移では、測定時間の全時間帯で管理濃度を超えていた。

また、作業場に堆積している粉じんからの二次発じんも見られた。

参考

作業者 E-1

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m³）	管理濃度（mg/m³）	遊離けい酸含有率（%）	作業
E－1	10:25～11:58	4.74	0.07	35.4	ビシャン、研削

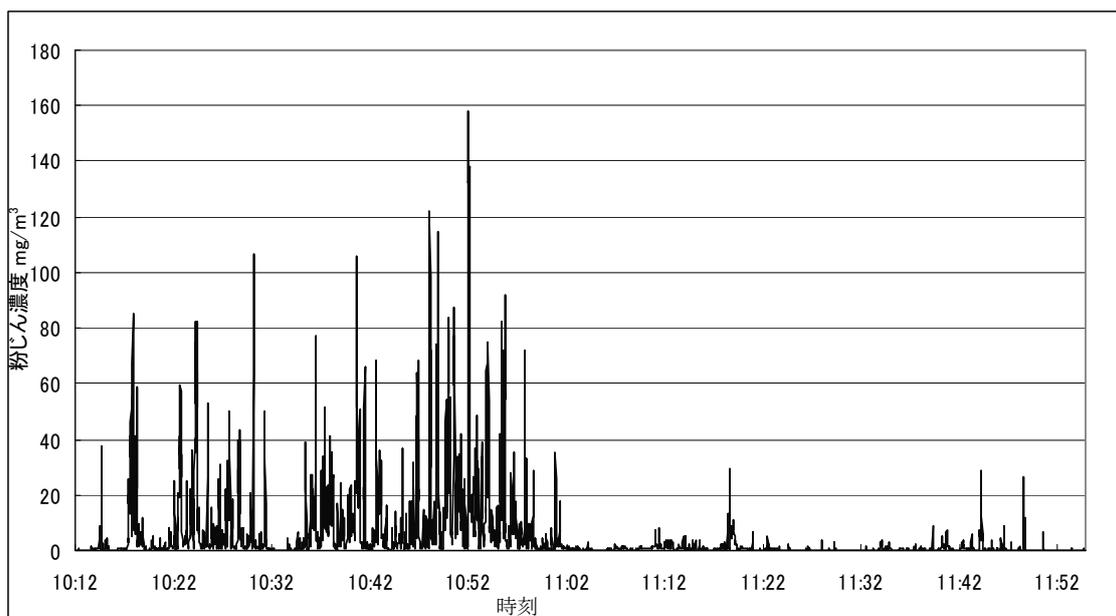



図 37-1

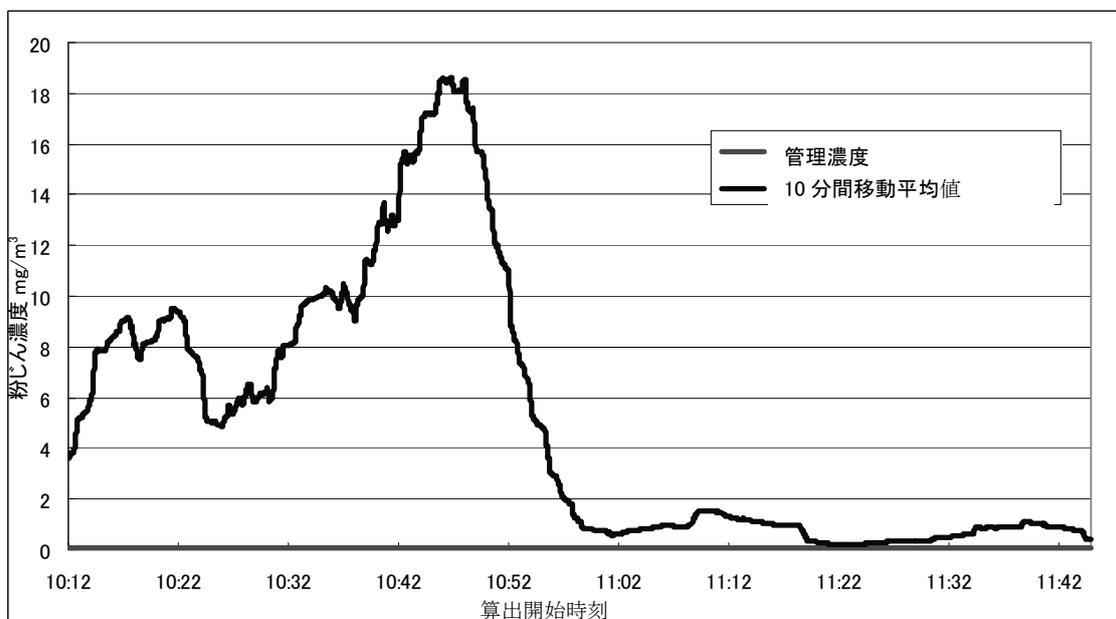



図 37-2

作業者 E-2

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
Ｅ－２	10:25～11:58	1.38	0.04	62.9	研削、ビシャン

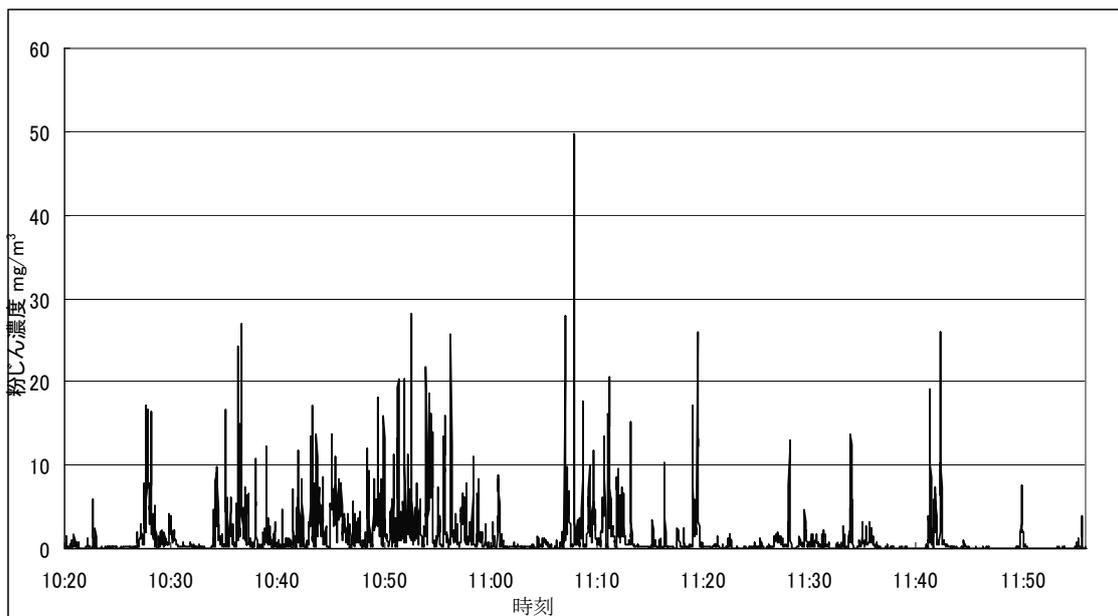



図 38-1

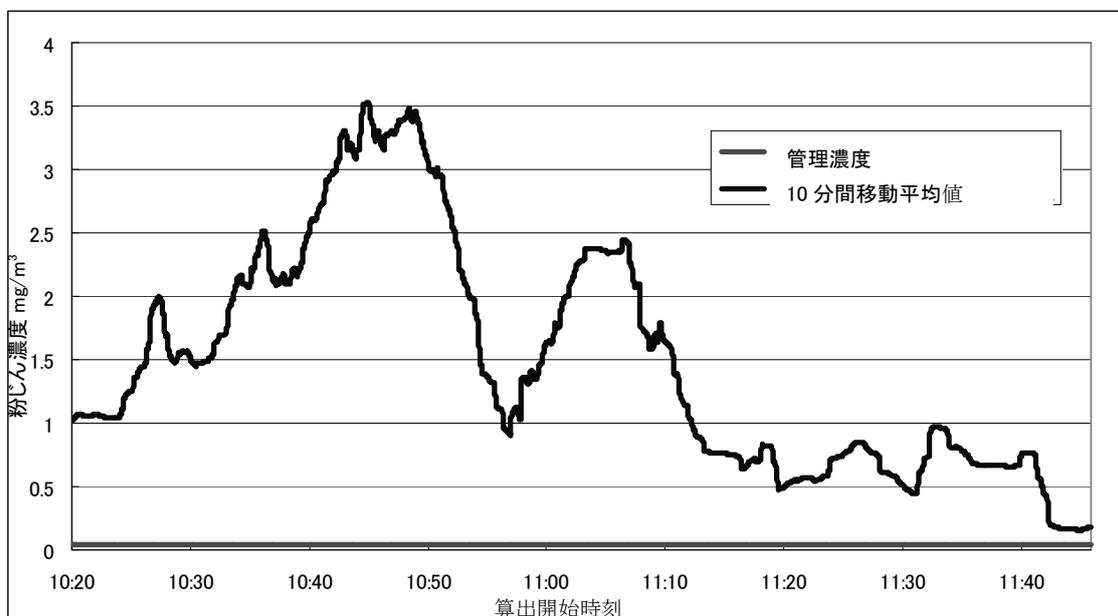



図 38-2

作業者 E-3

作業者	測定時間	粉じん濃度 (mg/m3)	管理濃度 (mg/m3)	遊離けい酸含有率(%)	作業
E－3	10:25～11:58	2.63	0.08	31.9	ビシャン・研削

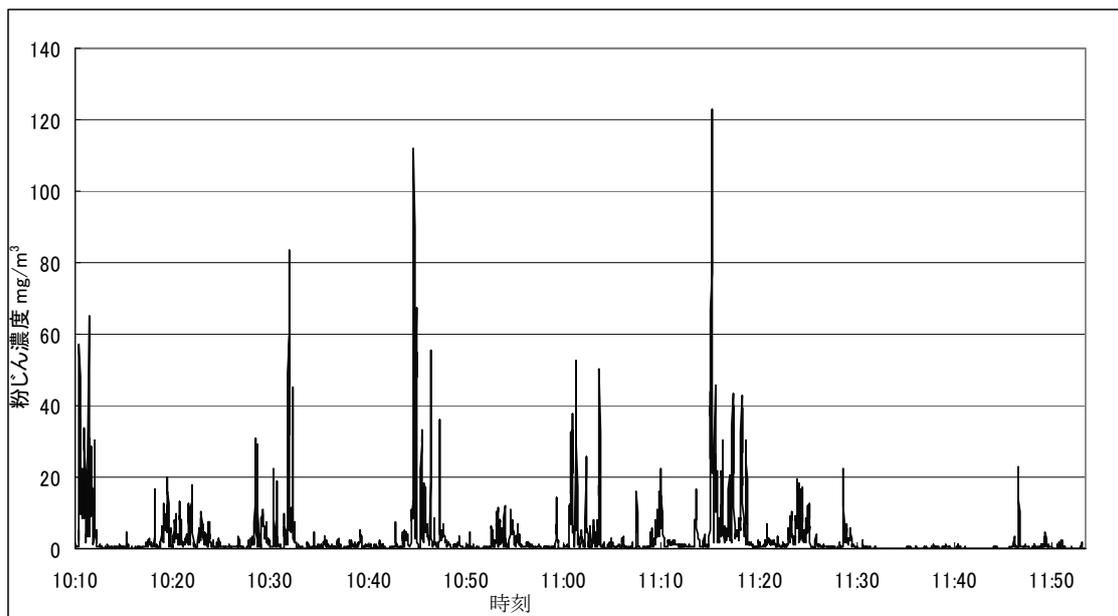



図 39-1

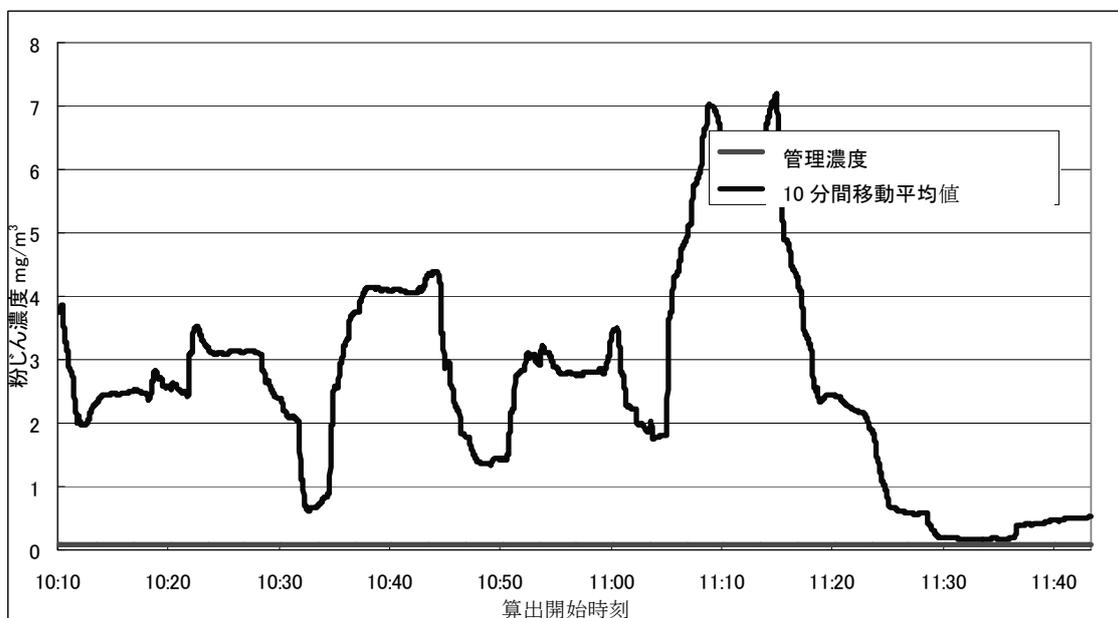



図 39-2

作業者 E-4

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率（%）	作業
E－4	10:25～11:58	1.90	0.07	35.4	ビシャン、研削

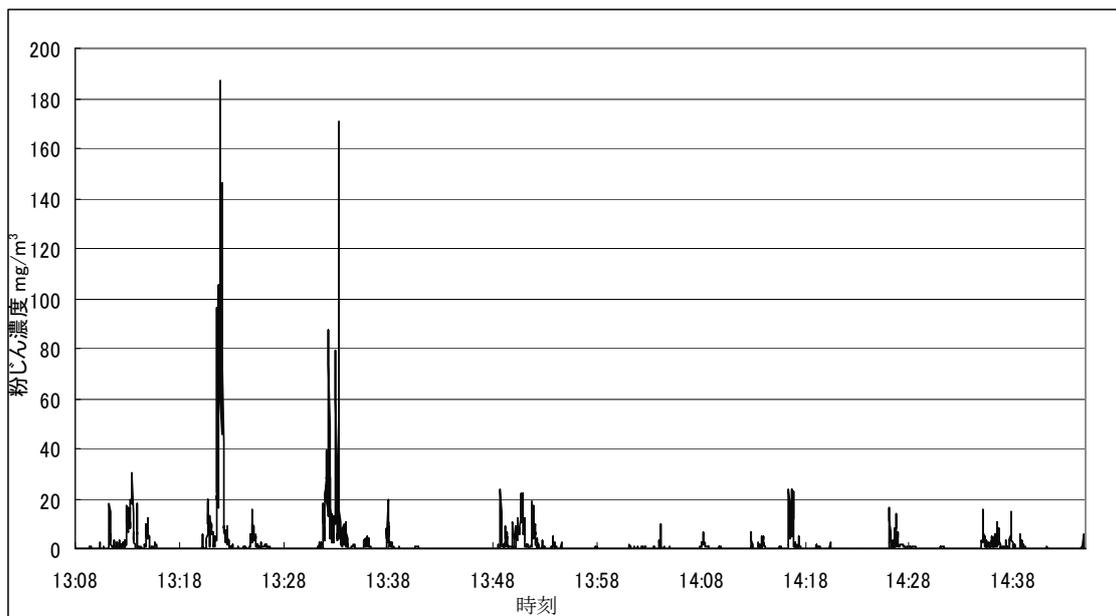



図 40-1

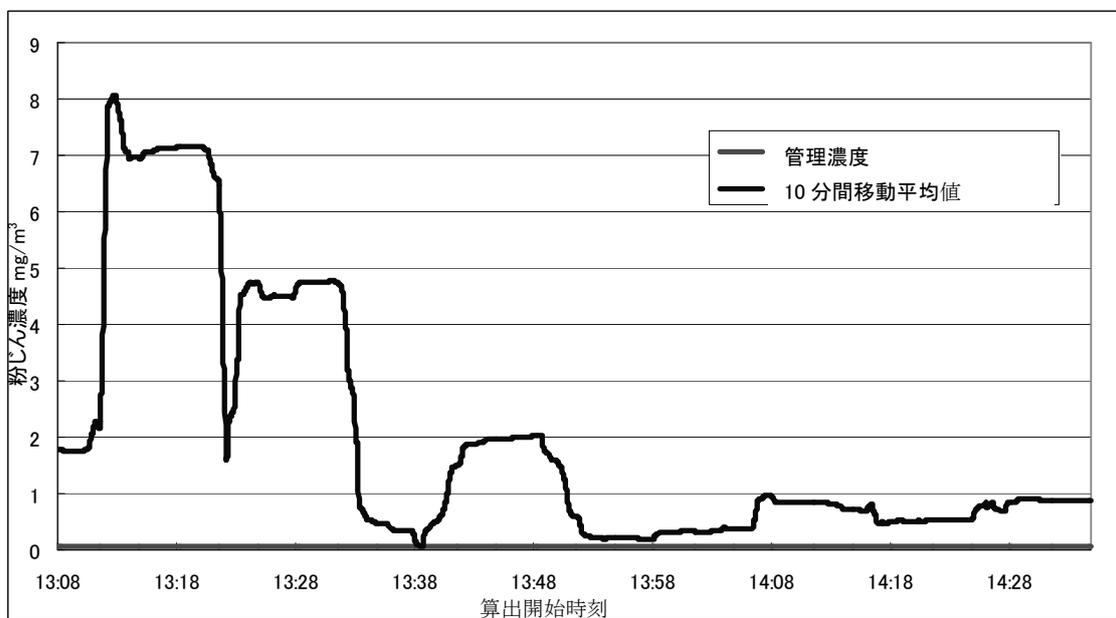



図 40-2

作業者 E-5

作業者	測定時間	粉じん濃度（mg/m3）	管理濃度（mg/m3）	遊離けい酸含有率(%)	作業
E－5	10:25～11:58	2.32	0.04	62.9	研削、ビシャン

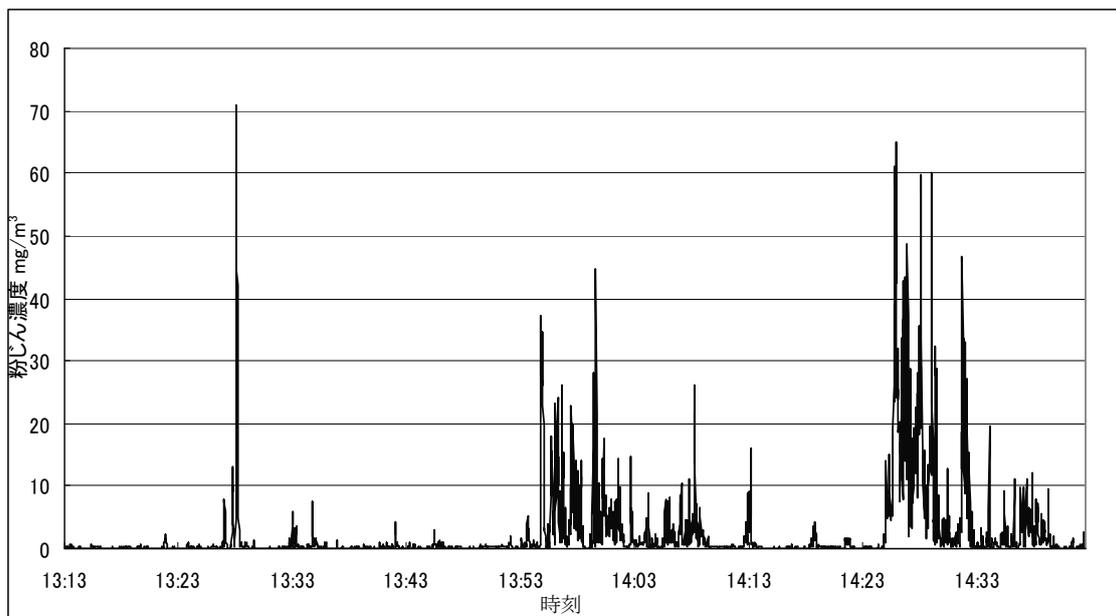



図 41-1

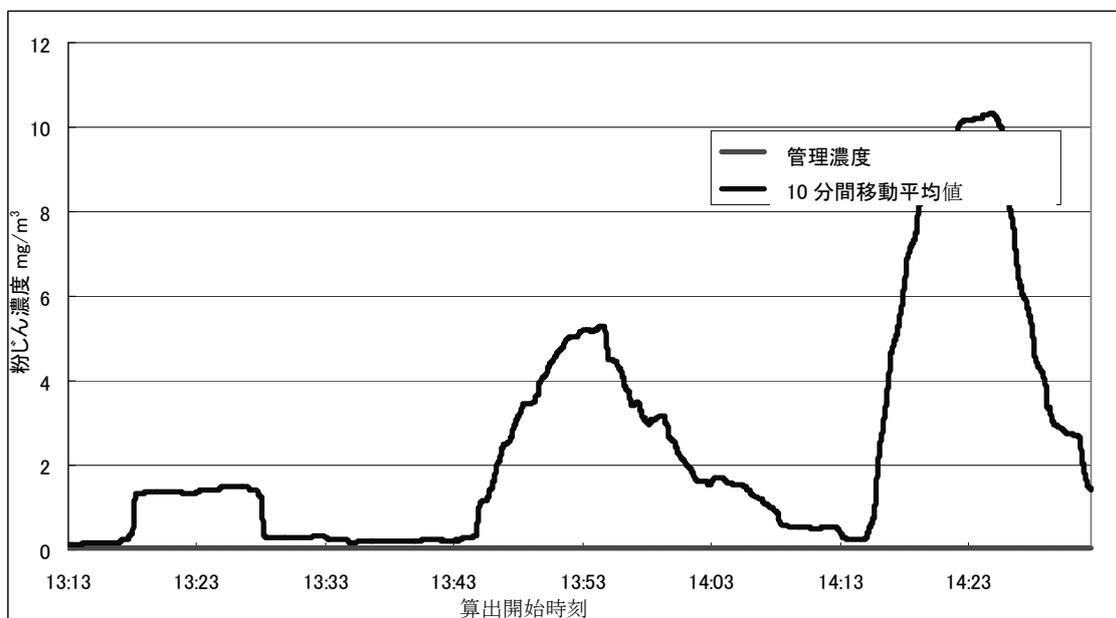



図 41-2

作業者 E-6

作業者	測定時間	粉じん濃度 （mg/m³）	管理濃度 （mg/m³）	遊離けい酸 含有率（%）	作業
E－6	10:25～11:58	3.68	0.07	36.5	ビシャン、研削

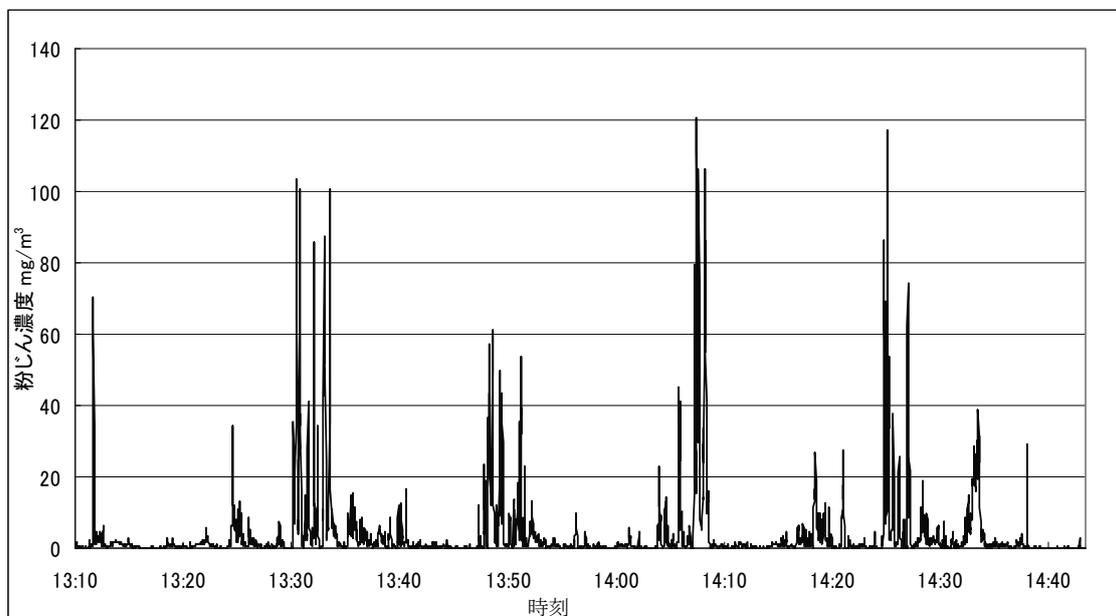



図 42-1

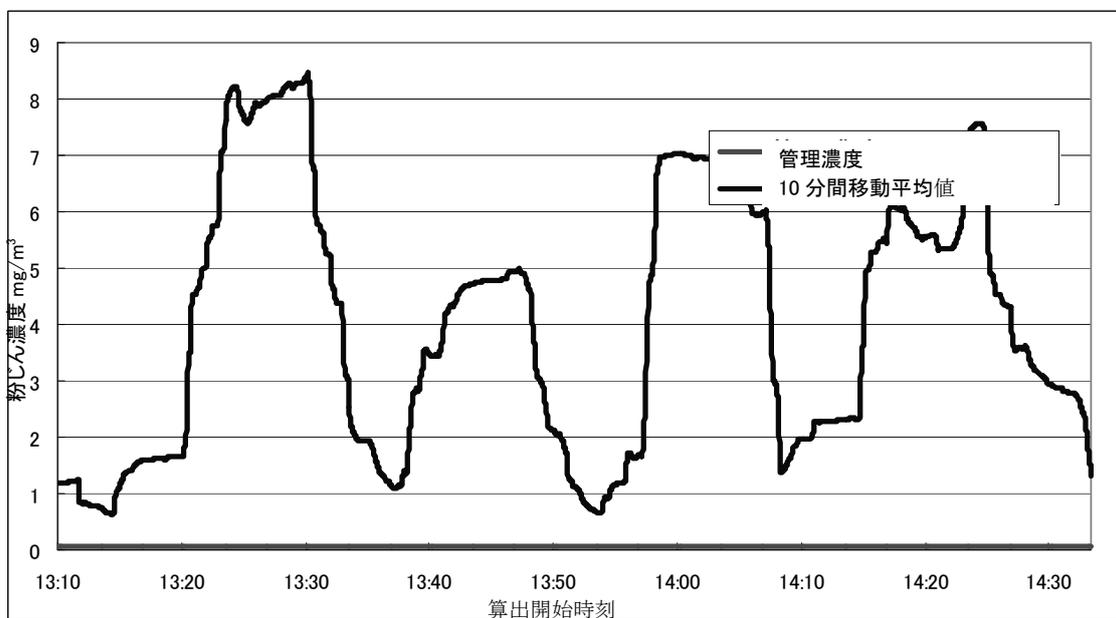



図 42-2

（５）呼吸用保護具に関する聞き取り調査結果

粉じんばく露濃度の調査対象となった作業者延べ 40 名のうち、実際の作業者数である 18 名に対して、呼吸用保護具に関する聞き取り調査を行った結果を表 13 に示す。

表 13. 呼吸用保護具に関する聞き取り調査結果

(n=18)

質問項目	回答	回答数（%）
呼吸用保護具を着用しているか	している	18（100）
呼吸用保護具の種類	取替え式防じんマスク	18（100）
現在、使用しているフィルター・吸収缶の使用期間	1 週間以内	13（72.2）
	3 ヶ月以内	3（16.7）
	6 ヶ月以内	1（ 5.6）
	その他	1（ 5.6）
フィルター・吸収缶の交換の判断基準（重複回答）	汚れ	15（83.3）
	一定の使用期間を決めている	1（ 5.6）
	交換したことがない	1（ 5.6）
	その他	5（27.8）
マスクの弁・締め紐の点検・交換をしたことがあるか	ある	10（55.6）
	ない	8（44.4）
メリヤスカバーは使用しているか	使用してない	12（66.7）
	使用している	6（33.3）
マスクは常時つけているか、必要に応じてつけているか	常時	9（50.0）
	必要に応じて	9（50.0）
マスクの顔面への密着性を確認しているか	している	12（66.7）
	してない	6（33.3）
マスクはどこに保管しているか	個人のロッカー	10（55.6）
	その他	8（44.4）
マスクの選択や使用方法について会社から指導されたことがあるか	ある	11（61.1）
	ない	7（38.9）
屋内作業はあるか	ある	8（44.4）
	ない	10（55.6）

４．調査結果のまとめ

（１）アーク溶接作業の粉じん濃度

炭酸ガス半自動アーク溶接作業を 1 例、被覆アーク溶接作業を 11 例の計 12 例について、各々の作業時の粉じん濃度を個人サンプラーにより測定し、その結果を表 5 にまとめた。

測定の結果、炭酸ガス半自動アーク溶接作業においては、管理濃度を超え、10 分間移動平均値においても、測定時間の１/２の時間帯で管理濃度を超える状態であった。被覆アーク溶接作業においては、粉じん濃度が管理濃度を超えるものが 11 例中 7 例であり、測定結果の評価は「２」であった。これらのうちの 3 例のものは測定時間中の 1/2 以上の時間帯で管理濃度を超えていた。

当該作業で粉じん濃度が管理濃度を超えなかった 4 名は、作業の総時間が短時間であったり、極めて間歇的な作業であったことが主たる原因と考えられた。

一方、粉じん濃度が高い値を示した者に共通する条件は、作業時間が長いこと、または、作業時間が短い場合にあっても粉じん発生源及びそこからの上昇気流を覆い囲むような作業姿勢で行われていたこと、風向によって予想外に風下に位置してしまうことであった。

（２）金属等の研ま作業の粉じん濃度

船体及び船体ブロックの金属研ま作業を 5 例、石材等の研削等の作業を 9 例の計 14 例について、各々の作業時の粉じん濃度を個人サンプラーで測定し、その結果を表 5 にまとめた。

金属研ま作業においては、いずれの例も粉じん濃度は管理濃度下回り、測定結果の評価は「1」であった。10 分間移動平均においても、測定時間の全てで管理濃度を下回っていた。

また、石材の研削等作業（穿孔、削孔の２作業）においては、遊離けい酸が高い含有率であったことにより、管理濃度が著しく低くなることもあり、
全ての作業で管理濃度を超え、10 分間移動平均値においても、全ての時間帯で管理濃度を超えていた。

（３）ガス溶断作業の粉じん濃度

ガス溶断作業の 5 例について、その作業時の粉じん濃度を個人サンプラーで測定し、その結果を表 5 にまとめた。

ガス溶断作業の 5 例中 4 例での粉じん濃度は管理濃度を下回る値で、測定結果の評価は「1」であったものの、10 分間移動平均においては、管理濃度を超える時間帯が認められた。

一方、粉じん濃度が高い値を示した 1 例の作業条件は、作業時間は短時間であ

ったが作業時間が長く、当該作業は、船体の天井・床面周辺の壁面に囲まれた隅で行われ、自然換気が不充分であった。

（4）ガウジング作業の粉じん濃度

ガウジング作業の 2 例について、その作業時の粉じん濃度を個人サンプラーで測定し、そのいずれも、管理濃度を下回り、測定結果の評価は「1」であった。しかし、10 分間移動平均においては、管理濃度を超える時間帯が認められた。

すなわち、作業が短時間であっても、ブローイングの風下側や、吹き返しを受ける位置での作業は、粉じんの高濃度ばく露があり得ることを示唆している。

（5）その他の作業の粉じん濃度

炭酸ガス半自動アーク溶接の周辺作業の 1 例について、その作業時の粉じん濃度を個人サンプラーで測定し、その結果を表 5 にまとめた。
測定の結果、周辺作業では、管理濃度を下回る値であった。

(6) まとめ

屋外でのアーク溶接作業、金属研ま作業、ガス溶断作業、ガウジング作業岩石の穿孔・削孔作業、及びコンクリート研ま作業（平成 20 年度実施）について、粉じん濃度を個人サンプラーで測定した結果をまとめると以下のとおりである。

① 炭酸ガス半自動アーク溶接作業においては、個人サンプラーで測定した結果は管理濃度を超え、10 分間移動平均値も測定時間中の1/2の時間帯で管理濃度を超えていた。
また、被覆アーク溶接作業、ガス溶断作業、ガウジング作業においては、高品質、高精度が求められる際には、かがみ込み等の作業姿勢をとること、風向きによっては粉じん発生源の風下側で作業を行うこともあること等から、粉じん濃度が管理濃度を超える例もあった。また、管理濃度を下回る場合でも 10 分間移動平均値では、管理濃度を超える時間帯が見られた。

② 金属研ま粉じんは、砥石等の回転運動で作業者前方及び側方へ飛散し、粒子径が大きく長時間空気中に浮遊しないこともあり、平成２０年度に実施した例を含め、いずれの例も管理濃度を下回り、10 分間移動平均値においても、測定時間全てで管理濃度を下回った。

③ 石材の研削等の作業では、遊離けい酸含有率が高いことにより、管理濃度が非常に低くなることもあり、全ての作業で管理濃度を超え、10 分間移動平均値も全

ての時間帯で、管理濃度を超えていた。

しかし、平成 20 年度に実施したコンクリート研まについては、作業時間が短いこともあって、管理濃度を下回っていた。

（７）呼吸用保護具に関する聞き取り調査

個人サンプラーによる粉じん濃度の調査対象となった作業者延べ 40 名のうち、実際の作業者数である 18 名に対し、調査時に着用していた呼吸用保護具の使用、保守管理状況等について聞き取り調査を行った（表 13）。

調査の結果、全員（18 名）が取替え式防じんマスクを着用していた。

フィルターの使用期間については、過半数（71.2%）が 1 週間以内に交換していた。作業内容によっては、5 名が毎日取り替える、あるいは 2 時間や半日に 1 回取り替えていた。また、メカニカルフィルタを使用している作業者においては、フィルターの使用期間は若干長いが、毎日、フィルターの「たたき落とし」を行って粉じんを除去しており、適切に使用していた。

弁や締め紐については、半数以上（55.6%）が点検を行っており、締め紐が伸びたり緩んだ時に交換をしていた。

メリヤスカバーに関しては、原則使用を禁じている事業場においては使用してないが、それ以外の事業場においては個人の判断に任されており、6 名（33.3%）が使用していた。

着用時に関しては、常時着用と回答した者と必要時に着用と回答した者に別れたが、溶接作業あるいは研ま作業等を行う時には確実に保護具を着用していた。

着用時の顔面への密着性に関しては、保護具に付随しているフィットチェッカーを使用して顔面と保護具の隙間を確認する等、半数以上（66.7%）が装着した時点で顔面への密着性を良好にしていた。

保管場所については、8 名（44.4%）がその他と回答したが、いずれも袋や箱に入れておく等、作業場所とは隔離して保管しており、適切な保守管理が行われていた。

5．文献等の調査結果

(1)アーク溶接・溶断等作業における粉じんの特徴

①　溶接ヒュームの発生機構

溶接時のアーク熱によって溶接棒又はワイヤの先端が溶融し、心線（ワイヤ）及び被覆剤（フラックス）の融液が生成する。この融液表面は、更に高温のアーク熱に曝されるため、表面から激しく金属蒸気が発生する。その蒸気が大気中で冷却し、固体状（金属酸化物）の細かい粒子となって浮遊する。即ち、溶接ヒューム（以下「ヒューム」という。）形成は、蒸発―酸化―凝縮過程によって生まれる。

このような過程で生じたヒュームは、アークの上昇気流に乗ってかなりのスピードで拡散するが、煙のように立ち込めている領域の作業環境の気中濃度は、図 43 の一例が示すように高濃度となっており、特に、作業者の口元付近は、数十～百 mg/m^{3}にも達する。

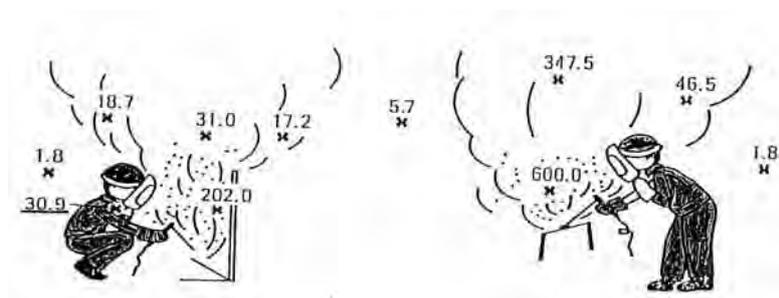



図 43 アーク点近傍のヒューム濃度（mg/m^3）

②　ヒュームの形状及び粒度分布

溶接作業者の呼吸位置における被覆アーク溶接棒［イルミナイト系（D4301）及び低水素系（D4316)］ヒュームの電子顕微鏡写真を図 44、自然沈降のヒュームの電子顕微鏡写真を図 45 に示す。

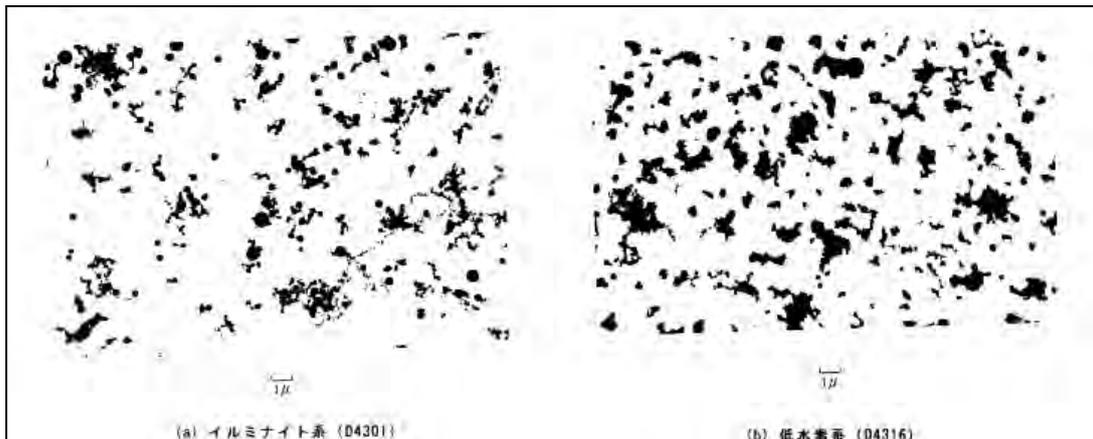



図 44　作業者口元近傍のヒュームの電子顕微鏡写真

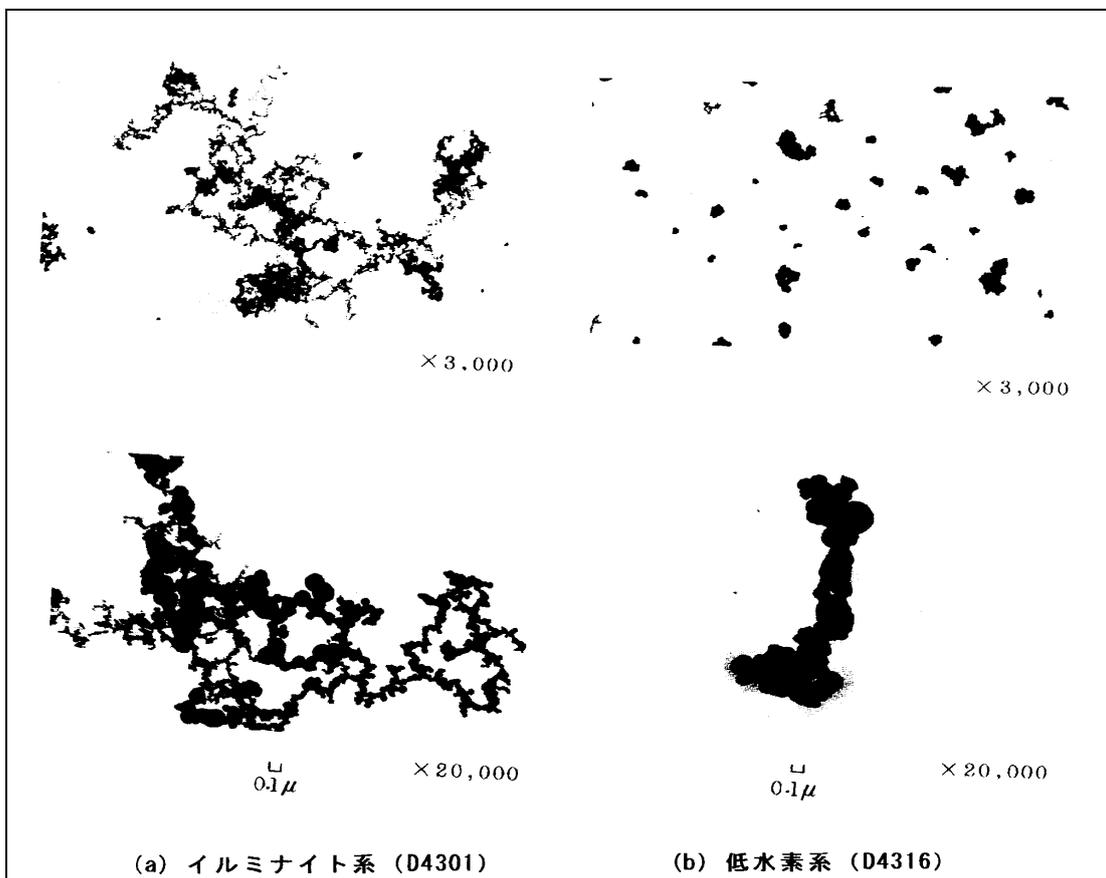



図 45　自然沈降ヒュームの電子顕微鏡写真

写真で見られるように、呼吸域のヒュームの粒径は、被覆系に関係なく１μｍ前後のものが多い。

しかし、発生源から吸引したヒュームを容器内に導き、自然沈降したヒュー

ムは、微細であった粒子が沈降過程でかなり凝集した２次粒子を形成する。２次粒子の形状は、低水素系が１μｍ前後で密に凝縮し、粒度が比較的揃っているのに反して、イルミナイト系は個別粒子の凝集は粗で、かつ、粒度分布もやや広範囲に及んだ２次粒子を形成する。

それらの粒度分布の一例を図 46 に示す。

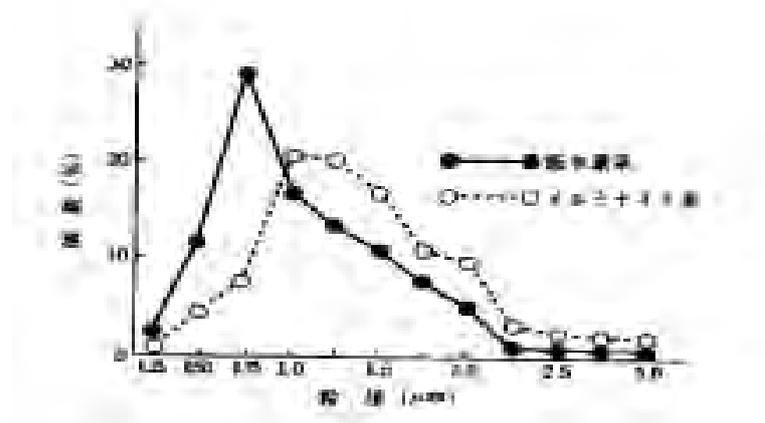



図 46　被覆アーク溶接棒ヒュームの粒度分布（一例）

③　ヒュームの発生量及び化学成分

CO_2アーク溶接、セルフシールドアーク溶接及び被覆アーク溶接におけるヒュームの発生量及び化学成分の一例を表 13 に示す。

表 13　溶接ヒュームの発生量および化学成分（一例）

対象材料	溶接法	JIS	径 mm	溶接条件	ヒューム発生量 mg/分	化学成分 %												
						Fe_2O_3	SiO_2	MnO	TiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	F	BaO	Cr_2O_3	NiO
軟鋼および490N/mm² 級高張力鋼	CO2アーク溶接	YGW11 (solid wire)	1.2	280A −30V	630	75.5	10.5	15.1	0.4	−	−	−	−	−	−	−	−	−
		YGW12 (solid wire)		150A −21V	213	78.5	11.3	12.9	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
		YFW-C50 DR (Flux cored wire)		280A −31V	697	54.7	10.6	16.1	6.7	0.6	0.7	2.4	5.2	2.3	2.6	−	−	−
	被覆アーク溶接	D 4301 (イルミナイト系)	4.0	170A	415	52.6	16.6	12.2	2.3	0.4	2.1	0.5	5.6	5.0	−	−	−	−
		D4303 (ライムチタニヤ系)			250	48.3	21.2	6.2	1.9	0.4	1.5	1.3	5.7	7.7	−	−	−	−
		D4313 (高酸化チタン系)			256	41.8	29.5	5.4	3.4	0.5	1.0	0.3	5.6	7.6	−	−	−	−
		D4327 (鉄粉酸化鉄系)			280	47.2	31.6	7.8	1.2	0.3	1.2	0.2	4.6	3.3	−	−	−	−
		D5016 (低水素系)			308	16.9	6.2	5.1	0.5	0.3	14.1	0.4	10.2	19.6	17.1	3.4	−	−

		D5016（無害低水素系）			297	18.9	6.1	5.3	0.4	0.2	16.1	7.5	20.3	0.9	13.7	5.7	－	－
	セルフシールドアーク溶接	YFW-S50GB（Flux cored wire）	2.4	300A −28V	2480	25.4	1.3	3.1	－	15.7	20.7	27.8	2.3	1.6	9.8	－	－	－
ステレス鋼	CO2 アーク溶接	YF308C（Flux cored wire）	1.2	200A −29V	480	34.6	13.9	13.0	1.33	0.4	0.5	－	5.5	2.7	2.6	－	18.6	2.6
	被覆アーク溶接	D308-16	4.0	140A	229	9.0	7.3	5.5	9.2	0.8	4.9	0.1	2.9	26.2	13.2	－	8.8	0.7

ヒュームの発生は蒸発過程に依存するので、融液中の蒸気圧の高い成分はヒューム中により多く含まれる。したがって、ヒュームは、溶接材料や母材中に含まれる成分からなるが、組成は元の材料（母材、ワイヤ、フラックス、心線及び被覆剤）の組成とは大幅に異なってくる。例えば、TiO_2は高温での蒸気圧が低いため、被覆剤中に多量に含む溶接棒でもヒューム中の含有量は低いが、アルカリ金属（Na_2O、K_2O など）は蒸気圧が高いため、ヒューム中には多量に含まれるようになる。

ソリッドワイヤによる CO_2 アーク溶接では、フラックスが存在しないので、高温蒸気の発生源となる融液は約 98％が Fe からなる。しかし、ヒューム中の酸化鉄の含有量は 75～80％であり、代わりに融液中には１％前後しか存在しない Si 及び Mn がいずれも 10～15％占めている。これは、ワイヤの融点直上の温度では、Si 及び Mn の蒸気圧が Fe よりも高いため、Si 及び Mn が優先的に蒸発するためである。

フラックス入りワイヤによる CO_2 アーク溶接では、ワイヤの 80～90％は Fe であるが、フラックス成分も寄与してくるため、ヒューム中の酸化鉄含有量は約 50％まで低下している。

被覆アーク溶接棒に関しては、イルミナイト系（D4301）、ライムチタニヤ系（D4303）、高酸化チタン系（D4313）及び鉄粉酸化鉄系（D4327）のような非低水素系溶接棒のヒュームでは、酸化鉄含有量が 40～50％と高い。

一方、低水素系溶接棒（D5016）のヒュームでは、酸化鉄含有量が 20％以下まで低下し、Na_2O 及び K_2O 含有量が高くなるとともに、ふっ化物を F として 10％以上含んでいる。　また、セルフシールドアーク溶接では、フラックス中に蒸気圧の高い成分を含有させ、その成分からの蒸気がシールド作用をもつように設計されているので、ヒューム中の酸化鉄量はさらに減少し、半面、Mg、Ca、Al などの含有量が高くなっている。
ステンレス鋼溶接、例えば、308 タイプ（18％Cr－８％Ni）の溶接材料のヒューム中には、Cr、Ni など合金成分を含むが、蒸気圧の高いクロムは Cr_2O_3 換算で８～19％含むのに対して、蒸気圧の低いニッケルは NiO 換算で 0.8～2.6％

程度を含むに過ぎない。
なお、フラックス入りワイヤのヒュームは、被覆アーク溶接棒のヒュームに比し、Na_2O、K_2O 及び SiO_2 の含有率が低いが、鉄やクロムの含有率が高い。

⑵金属等の研ま作業等におけるばく露防止対策等の特性

金属・鉱物・コンクリートなど(以下「金属等」という。)を研ま・切断（以下「研ま作業」という。）等の作業を行う際には，被切断物，切断材などの粉じんが発生する，その粉じんばく露を防止する対策を行う際には，粉じんの量，粉じんの粒径分布，遊離けい酸濃度を含む粉じんの成分等についての情報が必要である。本項では，これらの情報および，対策例に関する情報を示す。

① 作業時に発生する粉じんの量・粉じんの粒径分布・粉じん成分

ア）グラインダーの例

研ま作業時に発生する粉じんの濃度および粒径分布については，手持ち工具ではないがグラインダー作業時の粉じん粒子発生に関して米国 NIOSH の O’Brien ら[1]が系統的に研究した結果がある。

O’Brien らは直径 76cm（30 インチ）のジルコニア・アルミナ（14grit：粗砥）をガラス繊維入り樹脂で固めた回転砥石で，直径 1 インチのねずみ鋳鉄棒を機械を用いて砥石にあて粉じんを発生させた。発生した粉じん粒子は，フィルターによりバックグラウンド粒子を除去した空気で希釈して，米国 TSI 社製の APS33 型(Aerodynamic Particle Sizer)で空気動力学径で 0.5μm から 20μm の粒子径範囲で，粒子径別濃度測定を行っている。

個数基準で測定した粒子径別濃度の結果は，種々の条件にも関わりなく粒径 0.7～1μm の粒子濃度が最も高く，質量濃度換算を行ったとしても吸入性粉じんが相当量発生していることが確認されている。この報告では，粉じん飛散量を低減させるために，グラインダーに工学的対策を行っているが全く行っていない状態では，作業者の呼吸域での吸入性粉じん濃度は 0.38mg/m^3 であると推定している。

グラインダーによる粒子発生量は，実作業時間（被研ま材を砥石に当てている時間）の総計が 290 秒のとき，作業開始時に比べ，発生する粉じん量は 1/4 程度にまで減少した。著者らは砥石の表面が劣化して研ますする能力が落ちることと粉じん粒子発生量が関係していると結論づけている。またこのとき，粒子発生量は減るが，より粒子径の小さい粒子が発生する傾向にあった。材料を砥石に押し当てる強さおよび，砥石の回転速度（材料との相対速度）を変化させてデータをとっている。その結果，押し当てる力を強くすれば，粒子発生量が増加するとともに，発生する粒子の粒子径は大きくなる傾向にあり，砥石の回転速度を早くすれば，粒子発生量が増加するが，粒子径は小さくなる傾向にあった。

イ）手持ち工具の例－１　鋳物工場

手持ち工具の例としては，グラインダーの事例と同じ著者（O’Brien）ら[2]による，工場での現場測定の例が報告されている。著者らは，鋼とステンレス鋳物を製造している工場の研ま工程で，現場調査を行い，粉じん粒子の粒子径別発生量，吸入性粉じん濃度，吸入性粉じん中のシリカ濃度などを測定している。調査対象工場では，ジルコニウムーシリカ系鋳物剤をつかっており，研ま以外にこれらの鋳物材料が遊離けい酸の発生原因であると予想される。15 人の作業者について，吸入性粉じん，結晶性シリカ，クリストバライトの個人ばく露濃度を測定した。その結果，吸入性粉じんばく露濃度は 0.2～2.2mg/m^3,結晶性シリカのばく露濃度は ND(検出限界以下)～91μg/m^3，クリストバライトが ND～94μg/m^{3}であった。ただし，特定の作業者が高いということはなく，ほぼ同じ時間研ま作業を行っている同一作業者が，日により大きく異なるシリカばく露濃度を記録するなど，作業と関連づけることはできず，著者らは，研ま作業で恒常的に発生しているものではなく，型を崩すときの突発的な発じんによるものだと結論づけており，研ま作業に伴うシリカ発生量を測定したデータではない。

粒子発生は， 2 人の労働者に光散乱式粒子カウンターを装着させ，作業を録画しながらリアルタイム測定を行い，どのような作業がもっとも粉じんばく露に寄与しているかについて解析を行った。作業者はそれぞれ，ポンプハウジングと回転翼の仕上げ作業を行っており，双方とも，6 インチのグラインダー，4 インチの丸鋸，バリ取りグラインダー，円錐グラインダーを用いて作業をおこなった。作業対象別では，それぞれ，ポンプハウジングが，97mg／m^{3}分，回転翼が 12mg/m^{3}分の粉じん発生量であった。この差は，粉じん発生量が高い，グラインダーおよび丸鋸を用いる時間がポンプハウジング仕上げ作業のほうが長かったためである。工具別では，ポンプハウジングでは丸鋸（7mg/m^3）が，回転翼ではグラインダー作業（5mg/m^3）がもっとも高い粉じん発生量を示した。

粒子径別測定の結果では，個数濃度基準では 1μ以下の粒子が質量濃度基準では 1 から 2，あるいは，2 から 5μm の粒子量がもっとも多く，発生している粒子の多くが吸入性の粒子であった。

ウ）手持ち工具の例－２　コンクリート

研ま作業に伴う粉じんばく露例として，コンクリート研ま，モルタル剥離などによる粉じん発生・対策についても報告がみられる[3-9]。このうち，Collingwood[5]による比較的新しい報告(2007 年)に代表的な結果がまとめられている。それによれば，作業者のばく露濃度で吸入性粉じん濃度が 2.4mg/m^3～12.3mg/m^{3}と高く，シリカの濃度も 0.35～1.14mg/m^{3}と高い。

エ）溶接作業場での研ま作業による粉じん

溶接作業場では，溶接によるヒュームと研ま作業の 2 種類の発じん原因がある。現実の作業においては，この二種類の粉じんを分けて評価するのは難しい面があるが，模擬作業を行うなどして，ヒュームと研ま作業の粉じんを個別に評価した研究例がいくつかある[10, 11]。

Karlsen[10]によれば，ヒュームと研ま粉じんでは，金属組成が異なりクロムやマンガンの量がヒュームにくらべ少なくなっていることを報告しているが，溶接時に蒸発して発生するヒュームでは沸点の低い金属が母材に含まれる濃度より高くなることが知られているが，それにくらべ研ま粉じんでは低沸点の金属含有量がさほど増えていないということは，粉じん発生プロセスが異なることを示している。この報告ではけい酸に関する言及はない。Koponen[11]の報告によれば，ステンレス鋼の研ま作業で，発生する粉じんは，ステンレスと研ま剤の両方が存在し，金属は酸化物ではなく金属のまま粉じんになっていると考えられる。

② 研ま作業の労働衛生対策

「①作業時に発生する粉じんの量・粉じんの粒径分布・粉じん成分」で，述べたように，研ま作業においては，吸入性の粉じん粒子も多数発生するため，保護具・工学的対策とも吸入性粉じんを対象とした対策をとる必要がある。

研ま用工具の粉じん対策としては，作業をクリーンベンチで行う方法がまず考えられる。金属研ま作業の改善例としては，ダウンフロー型のクリーンベンチの利用で 59-79%もの吸入製シリカの削減に成功した例がある[12]。

この他に，工具そのものに排気装置をつける方法が多数提案されている[1, 3-7, 9, 13]。研ま用工具に局所排気装置をつける場合，研ま用工具特有の問題として，高速回転する砥石が発生させる気流や粉じんそのものが発生時に砥石の回転方向に加速されていることなどを考慮する必要がある。

据え置き型のグラインダーについては，①で紹介した O’Brien らの文献[1]に様々な対策が提案されている。O’Brien らは，グラインダーの下側に局所排気装置をつけ，排気量を増やせば粉じん発生部分の近傍の気流を下向きにすることができることを示している。さらに，このような下降気流を発生させた条件下での，粉じん発生部分近傍と，作業者呼吸域の粉じん濃度比を示している。吸入性粉じんについては，発生場所近傍の 10～30%(粒径により効果が異なる)に抑制されていることが示されている。この他，砥石に付着した粒子をこそげ落とすためのバフの取り付け，砥石のカバーないで粒子を局所排気装置の排気口側に吹き飛ばす補助のエアジェットなどの取り付けなども提案している。作業者呼吸域の吸入性粉じん濃度を，局所排気装置のみの場合の 0.39mg/m^3 から

0.02mg/m³にまで低減させることに成功している。グラインダーの形式，研ますする材料によって，個別の条件調整は必要だが，本報告で示されている種々の対策はグラインダーからの粉じん発生抑止に有効だと考えられる。

手持ち工具の場合は，局所排気装置の取り回しそのものの問題もあり，据え置き型の工具よりもさらに難しい点がある。些か古い例であるが，Akbar-Khanzadeh[3]が2002年に報告した米国の例では，室内のコンクリート研ま作業者が用いていた工具のうち局所排気装置がつけられていたものは，わずか15%であった。しかし，工具の形状などを最適化することにより相当程度の対策がとれると予想される。一例として，Collingwood[5]は，モルタル剥離工具に工業用掃除機を組み合わせた工具で，吸入性粉じん濃度を1.0mg/m³,シリカの濃度を0.06mg/m³に抑制している。また，Akbar-Khanzadeh[4]は，実験室内での模擬実験で，吸入性の遊離けい酸・吸入性粉じんが，それぞれ，61.7／611 mg/m³と，きわめて高い作業を，研まを湿式に変えることにより，0.896／11.9 mg/m³さらに，局所排気装置の取り付けで，0.155／1.99 mg/ m³にまで低減できることを示しており，きわめて有効な対策であることが，データの上でも示されている。

③ 研ま作業従事者の健康管理

前項までで，示したとおり，研ま作業はきわめて高濃度の粉じんが発生する粉じん作業であるため，じん肺に対する対策および健康管理は不可欠であるといえる。これに加え，金属の研ま作業においては，金属ばく露による健康影響にも留意する必要がある。実験的研究では，ヒュームに比べステンレスの研ま作業では，六価クロムの発生量は少ない[10, 11]との報告があるが，実際の作業環境での濃度に関しては，調査が必要になると考えられる。また，ステンレス研ま作業者の血液・尿中の金属測定の結果，ニッケルばく露が疑われたという報告もある[14]。この他，金属粉じんばく露によるぜん息の発生の可能性もある[15-18]。

なお，本報告書は粉じん対策を主眼としているため，紹介にとどめておくが，金属の研ま作業において金属の経皮吸収が疑われた事例の報告[19]もあり，広く労働衛生管理の観点からは，手袋や作業服などについても，注意を払う必要がある。

6. 粉じんばく露防止対策のすすめ方

(1)アーク、金属等粉じんの衛生工学的な発生源対策について

屋外作業場で発散する溶接ヒューム、および金属等粉じんなどを作業者が吸入することにより起こる疾病や健康障害を防止するには、屋外作業場へ有害物が放出されない方法を考えることであり、また有害物と作業者とが接触する機会を根本的になくしてしまう方法をとることである。もしも、有害物の発散抑制が不十分なときは、ヒューム発散量の少ない溶接材料に転換、低ヒューム溶接法の採用、および局所排気装置等による工学的対策が不可欠である。

溶接ヒューム、および金属等粉じんの作業者へのばく露防止対策として、図 47 に示す発散源対策が広く用いられるが、これらのばく露防止対策は、1 つの方法だけの改善で効果を上げることもあるが、いくつかの方法を組み合わせることにより効果的になる場合もある。

そこで、図 47 に示す屋外作業場における溶接ヒューム、金属等粉じんの発散源対策には、シートやテントにより広範囲に覆う方法がとられ、その内部で溶接作業等を行うことが望まれる。

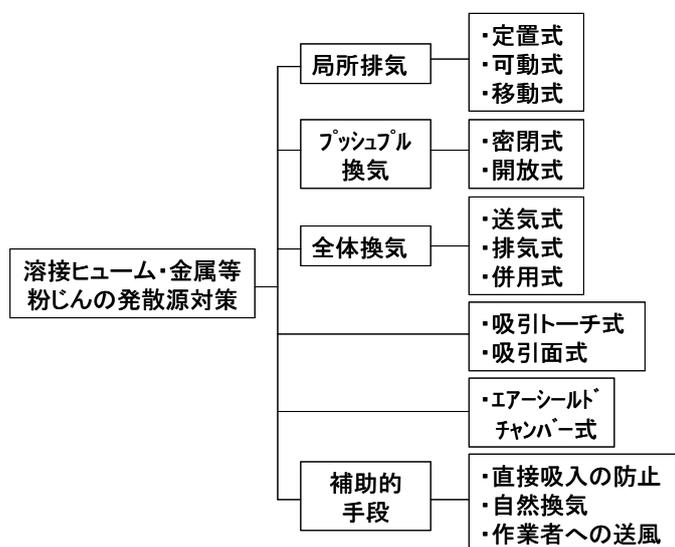



図 47 溶接ﾋｭｰﾑ、金属等粉じんの発散源対策

① 局所排気装置

局所排気装置の構成は、吸引フード、吸引ダクト、排気ファン、排気ダクト、排気口および除じん装置の各部からなる。局所排気装置の構成例を図 48 に示す。

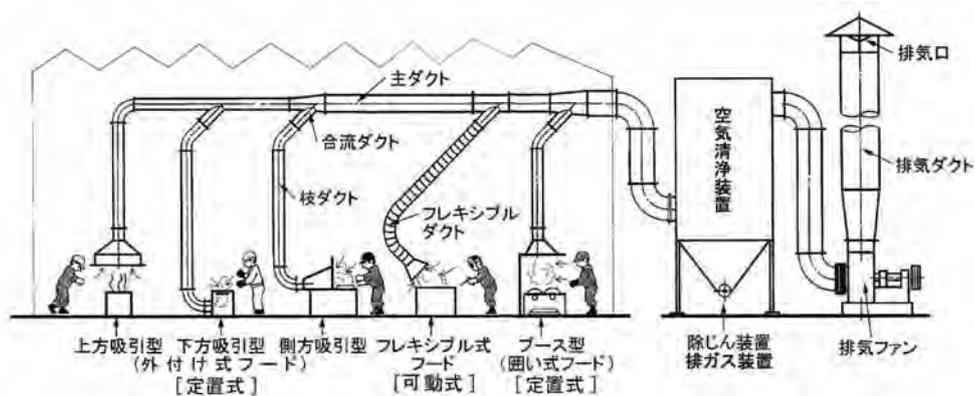



図 48　局所排気装置の構成例

また、局所排気装置の種類を表 14 に示す。

表 14　局所排気装置の種類

<table>
<tr><th>方式</th><th>分類上の区別</th><th>フードの型式</th><th>除じん装置</th></tr>
<tr><td rowspan="2">定置式</td><td>ヒューム及びガスの発散源がフードの囲いの中に存在するもの</td><td>囲い式
（ブース型）</td><td rowspan="3">固定</td></tr>
<tr><td>ヒューム及びガスの発散源がフードの開口面の外に存在するもの</td><td rowspan="3">外付け式
（側方吸引型、上方吸引型、下方吸引型）</td></tr>
<tr><td>可動式</td><td>フレキシブルダクト等に取り付けたフードからヒューム及びガスを吸引するもの（既存ダクトへ接続）</td></tr>
<tr><td>移動式</td><td>フレキシブルダクトに取り付けられたフードからヒューム及びガスを吸引するもの（フレキシブルアームに固定）</td><td>移動
（移動式局所排気装置に組込まれた一体もの）</td></tr>
</table>

移動式局所排気装置の場合、局所排気装置全体が移動できるものであり、さらに、フードは発散源の移動に伴って移動しなければならない。移動式局所排気装置の構成例を図 49 に示す。

移動式局所排気装置は、フード開口面がヒューム発散源から離れすぎると、ヒュームを捕捉吸引することができない。しかし、フード開口面とヒューム発散源とが適正な位置関係であれば、ヒュームを完全に捕捉吸引することができるが、フード開口面がヒューム発散源に近すぎると排気制御効果は得られる反面、溶接欠陥を生じる場合もあるので注意が必要である。

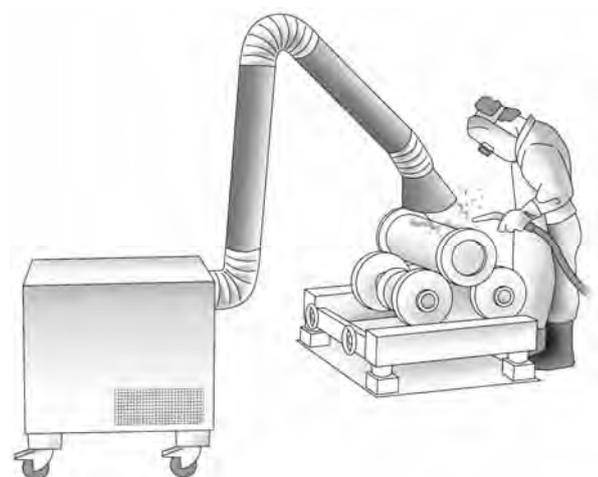



図 49　移動式局所排気装置の構成例

図 50-1、および図 50-2 には、屋外アーク溶接作業への応用例を示す。

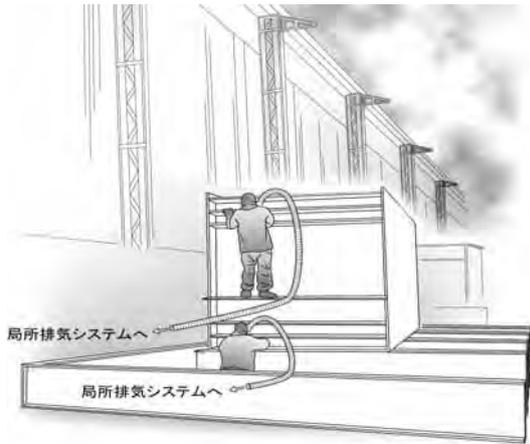



図 50-1 屋外アーク溶接作業への応用例 1

図 50-2 屋外アーク溶接作業への応用例 2

② プッシュプル型換気装置

プッシュプル型換気装置は、一様な捕捉気流（有害物質の発散源またはその付近を通り吸込み側フードに向かう気流であって、捕捉面での気流の方向および風速が一様あるもの）を形成させ、当該気流によって発散源から発散する有害物質を捕捉し吸込み側フードに取り込んで排出する装置と定義している。プッシュプル型換気装置の種類には、密閉式と開放式とがあり、開放式プッシュプル型換気装置の構成する各部の名称を図 51 に示す。

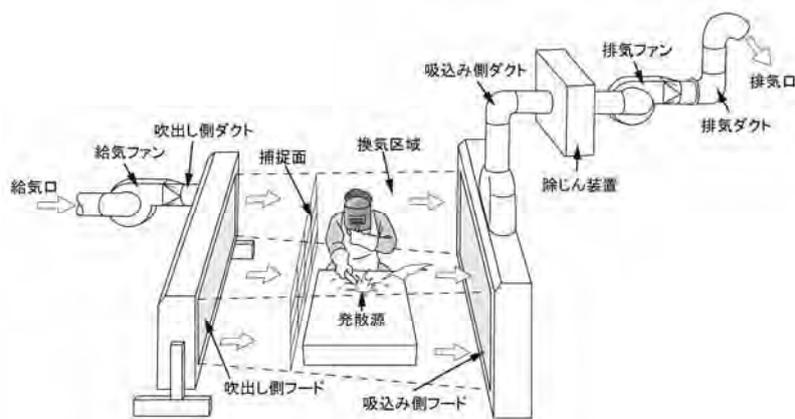



図 51　開放式プッシュプル型換気装置の構成例

③ 全体換気装置

全体換気装置の設置計画を行う際には、建屋の容積や構造、溶接等の作業者の人数、周辺作業者の人数、作業方法などを考慮する必要がある。

全体換気装置の種類を表 15 に示す。

表 15 全体換気装置の種類

方式	特　　　徴
送気式	送風機を用いて、発生した粉じん及びガスを希釈するもの
排気式	屋根に取付けられた排気ファンや壁に取付けた換気扇などにより、作業場内に発生した粉じん及びガスを屋外に排出するもの （天井換気方式）
併用式 （排気式＋排気式）	大きな作業場において、中間滞留層に停滞している粉じん及びガスを水平方向の気流に乗せて建物側面のフードに吸引して排気するもの （平行層流排気方式）
	プッシュフードにより、中間滞留層に停滞している粉じん及びガスをゾーン換気によってプルフードに吸引して排気するもの （プッシュプルゾーン換気方式）

④ ヒューム吸引トーチ

ヒューム吸引トーチは、ガスシールドアーク溶接方法の際に溶接トーチの先端近傍に吸引口を設けることにより発生したヒュームを作業場内に拡散する前に吸引する機能をもった装置で、その構成する各部の名称を図 52 に示す。

適正な吸引速度および吸引量は、トーチの径、溶接条件、溶接姿勢などにより異なるので、あらかじめ予備試験を行い、設定することが望まれる。

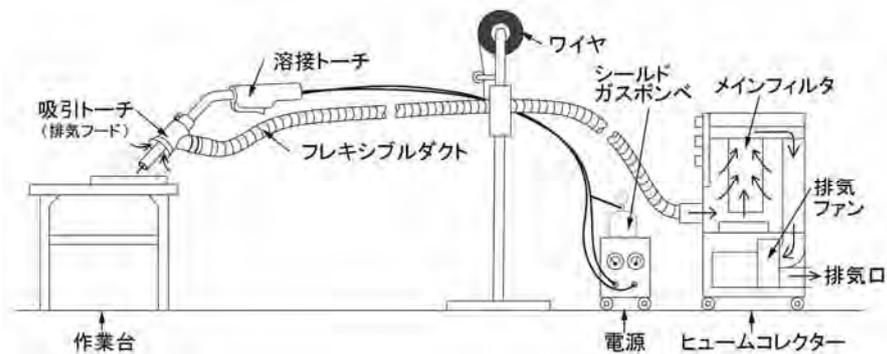



図 52 ヒューム吸引トーチの構成例

また、ヒューム吸引トーチのヒュームコレクターには、吸引溶接面を接続できる構造となっている。吸引溶接面の吸引口（フード開口面）は遮光用ガラスの上部に矩形開口（120mm×50mm）が設けられている。この吸引溶接面は、全体が二重構造で形成されており、吸引開口面から捕捉吸引された溶接ヒュームは、二重構造の内部を通って、自在継手を通過、吸引ホースによりヒュームコレクターへと搬送される。吸引溶接面を使用した事例を図 53 に示す。

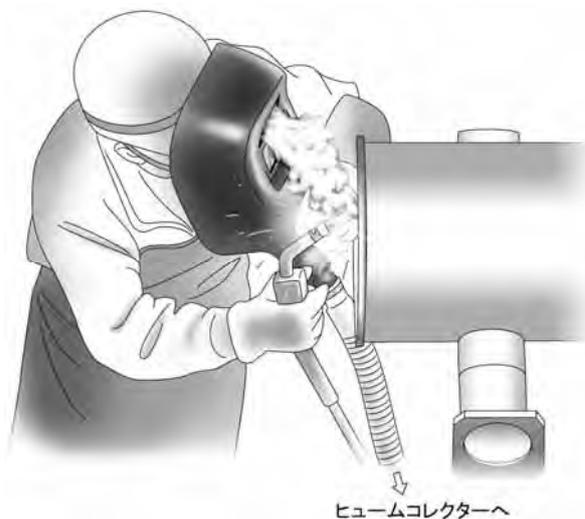



図 53 吸引溶接面を使用した事例

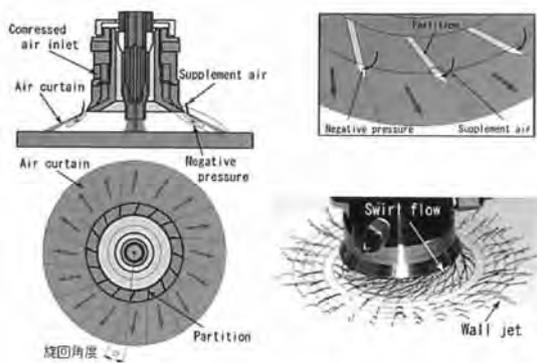



図 54 防風エアーシールドチャンバー
（出典：溶接学会論文集、第 23 巻、第 2 月号）

⑤ エアーシールドチャンバー

強風環境においても大気が溶接雰囲気中に侵入することなく、シールドガスを層流化して健全な溶接部を形成することができる流体式チャンバーを図 54 に示す。図 54 に示すように、この流体式チャンバーは、100 μｍのスリットノズルから軸斜め下方向に環状の薄層圧縮エアーを噴射して強風の侵入を阻止するとともに、このエアーカーテンに接する内側気流を旋回することで溶接シールドガスを層流化して流体式チャンバー外へ排出できる構造である。

⑥ 補助的手段

溶接ヒューム等の粉じん障害防止のための補助的手段は次による。

ア）　直接吸入の防止

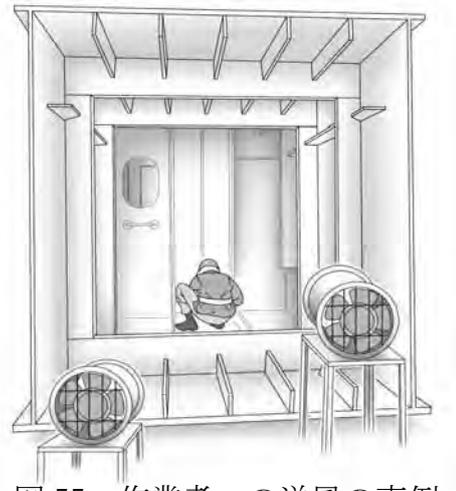
溶接等を行う作業者は、溶接等時に発生する目に見えない高濃度のヒュームを直接吸入しないように、風向きを考慮した身体の配置および姿勢をとることが望まれる。

イ）　自然換気

図 55　作業者への送風の事例

自然換気は、開けたドアや窓などからの自然な空気の流れによって、溶接等作業場の換気を行う方法である。自然換気は、全体換気装置の補助手段として夏季になどは、積極的に利用することが望まれる。

ウ）　作業者への送風

溶接等を行う作業者の側面または背面に向けて送風することによって、呼吸領域におけるヒュームおよびガス濃度が高くならないよう配慮することが望まれる。作業者への送風の事例を図 55 に示す。

⑦ 溶接欠陥による問題点

溶接等作業場の作業環境改善は、ヒューム等発散源で完全にヒューム等を高濃度の状態で捕捉吸引することが望まれる。近年、わが国および諸外国では、溶接等ヒューム発散源が移動することから可動式フードおよび移動式局所排気装置が使用されてきた。しかし、これらに使用されているフードはヒューム等発散源に作業者が自由に近づけられるところに利点と問題点がある。フードが発散源に近づけ過ぎるとヒューム等は完全に吸引できるが、溶接金属に欠陥を生じることで多くの作業現場で問題となっている。

そこで、炭酸ガスアーク溶接において、斜め 45° 上方から吸引を行った場合、溶接欠陥が生じない最適アーク点吸引速度と作業者呼吸域濃度との関係を求めた結果、作業者呼吸域濃度は WES の管理濃度以下に保ち、かつ、溶接金属の気孔形成しないアーク点の最適吸引速度は 0.3～0.6m/s（出典：溶接棒部会技術委員会報告書[1992]）としている。

また、溶接ロボットによる炭酸ガスアーク溶接において、開放式プッシュプル型換気装置の水平流型を使用してい一様流と溶接品質の健全性について実験的検討を行った結果、作業者呼吸域濃度は WES の管理濃度以下に保ち、かつ、溶接金属の気孔形成しないアーク点の最適吸引速度は 0.3～0.7m/s（出典：第 40 回日本労働衛生工学会抄録[2000]）としている。

⑧ 溶接等作業者、周辺作業者のヒューム等のばく露防止対策

臨時の溶接作業などで作業環境改善が十分に行えない場合に限って、保護具の使用が望まれるが、作業環境改善の努力を怠ったまま保護具の使用に頼るべきではない。また、狭あい場所では、溶接等作業において、ヒュームおよびガス並びにシールドガスが蓄積し、酸素欠乏および有害成分の許容濃度を超える危険があるため、十分な換気を行うとともに空気呼吸器や送気マスクの着用がばく露防止の対象となっている。しかしながら、周辺作業者は、溶接等作業を直接行っていないため、有害物質からの保護の対象とされないのが一般的である。したがって、溶接等で発生した有害物質は、発生源近傍だけの問題でなく、作業場全体の問題であり、特に、じん肺に影響する小さな粉じんは、発生源から離れた場所でも沈降せずに長時間浮遊しているといわれている。そこで、溶接等作業者はもとより、溶接等の作業を行っていない周辺作業者に対しても、適切な呼吸用保護具を支給する必要が望まれる。

(2) アーク、金属等粉じんの特性を踏まえた呼吸用保護具について

① 呼吸用保護具の種類

産業用に使用されている呼吸用保護具の種類、対応できる有害物質などは、表 16 に示すとおりである。

表 16　呼吸用保護具の種類及び特徴など

種類				呼吸ガス供給方式	対応できる有害物質	規格
ろ過式	動力なし	防じんマスク	使い捨て式	着用者の肺力で吸引	・粉じん	・防じんマスクの規格 ・JIS T 8151
			取替え式			
		防毒マスク	防じん機能なし	着用者の肺力で吸引	・有毒ガス（限定された種類）	・防毒マスクの規格 ・JIS T 8152
			防じん機能付き	着用者の肺力で吸引	・有毒ガス（限定された種類） ・粉じん	
	動力付き	電動ファン付き呼吸用保護具(PAPR)	呼吸補助形	着用者が携行する電動ファンと着用者の肺力によって吸引	・粉じん	・JIS T 8157
			標準形	着用者が携行する電動ファンで吸引		
給気式	送気マスク	ホースマスク	肺力吸引形	離れた場所の大気を着用者の肺力で吸引	・酸素欠乏空気 ・有毒ガス ・粉じん	・JIS T 8153
			送風機形	離れた場所に設置した送風機で、送気		
		エアラインマスク	一定流量形	離れた場所に設置した空気源から、圧縮空気を送気	・酸素欠乏空気 ・有毒ガス ・粉じん	
			デマンド形			
			プレッシャデマンド形			
		複合式エアラインマスク	デマンド形	通常はエアラインマスクとして使用し、非常時に空気呼吸器に切り換えて使用。	・酸素欠乏空気 ・有毒ガス ・粉じん	
			プレッシャデマンド形			
	自給式呼吸器(SCBA)	空気呼吸器	デマンド形	着用者が携行する高圧空気ボンベから空気を供給	・酸素欠乏空気 ・有毒ガス ・溶接ヒューム	・JIS T 8155
			プレッシャデマンド形			
		酸素呼吸器	圧縮酸素形	着用者が携行する高圧酸素ボンベ又は酸素発生装置から酸素を供給	・酸素欠乏空気 ・有毒ガス ・粉じん	・JIS M 7601 ・JIS M 7651 ・JIS T 8156
			酸素発生形			
注記　上記以外に、ろ過式と給気式の両方の機能をもち、必要に応じて切り替えて使用する「給気・ろ過両用式」がある。						

呼吸用保護具の各種類の性能は、表 16 に記載してある規格によって規定されている。

防じんマスク及び防毒マスクについては、昭和 63 年労働省告示第 19 号（防じんマスクの規格）及び平成 2 年労働省告示第 68 号（防毒マスクの規格）で規定されており、日本工

業規格（JIS T 8151 及び JIS T 8152）は、それぞれ上記の規格と整合がとられている。
溶接作業における防じんマスクの選択に関しては、平成 17 年 2 月 7 日付け基発第 0207006 号（防じんマスクの選択、使用等について）によって、性能の区分が「２」以上のものを使用することが規定されている。
呼吸用保護具全体の指定防護係数並びに選択及び使用に関しては、JIS T 8150（呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理方法）に規定されている。

② 溶接作業における呼吸用保護具の条件

呼吸用保護具を選択する際には、酸素欠乏の可能性、有害物質の濃度及び作業内容の特殊性を踏まえておく必要がある。これらについて、溶接作業の場合の対処についての基本的な考え方は、次のとおりである。

ア）酸素欠乏への対処

屋外における溶接作業等では、酸素欠乏になることは、非常に稀であると思われる。もし、何らかの要因によって、酸素欠乏になるおそれがある場合は、給気式を使用しなければならない。送気マスクを選択するか自給式呼吸器を選択するかは、作業場所の構造や作業内容に依存する。すなわち、送気マスクではホースが接続されていることによる移動範囲に制約があること、自給式呼吸器では呼吸ガスを供給できる時間に制約があること等を考慮して、選択することになる。

イ）有害物質への対処

溶接作業では、必ず溶接ヒュームが発生することを基本に置き、他の有害物質（有毒ガスなど）が混在するか否かの検討が必要である。
金属等の研ま作業においては、粉じんの発生を考慮するだけで十分であると思われる。
いずれの作業においても、作業対象の材料によって発生する有害物質の種類が異なるので、特に毒性の高い物質が含まれている可能性がないか、事前に把握しておく必要である。
一般に、有害物質に対しては、環境中の濃度及びばく露限界濃度の情報が必要になる。使用できる呼吸用保護具は、少なくとも次の条件を満たしている必要がある。

$$\text{呼吸用保護具の防護係数} > \frac{\text{環境中の有害物質濃度}}{\text{有害物質のばく露限界濃度}}$$

呼吸用保護具の防護係数には、試験用コンタミナンツなどで求めた実測値か、又は、JIS T 8150 の付表 2 に示されている指定防護係数のいずれかを用いる。
なお、ろ過式を用いる場合は、上記の関係だけでなく、有害物質が除去できるものであるという条件が付加される。

ウ）作業内容の特殊性への考慮

（ア）有害光線について

溶接作業では、有害光線に対処するために、遮光保護具又はこれと併用する溶接用保護面（以下「遮光保護具等」という。）が不可欠である。このため、呼吸用保護具は、遮光保護具等と併用できるものでなければならない。

現在、最も普及しているフィルタプレートを取り付けた溶接用保護面を使用する場合は、これの使用を阻害しないようなサイズの呼吸用保護具を選択する必要がある。

電動ファン付き呼吸用保護具を使用する場合は、面体タイプのものも可能であるが、フェイスシールドタイプには、フィルタプレートを直接取り付けられるものもあるので、溶接作業には有効である。

なお、フェイスシールドタイプの電動ファン付き呼吸用保護具は、フィルタ（ろ過材）を着用者の背後に取り付ける形式のものが多く、必然的に吸気口が溶接ヒューム発生源から離れるという長所もある（図 56 参照）。このことは、アークから発生する有毒ガスの発生源からも離れていることを意味しており、フィルタに有毒ガスの除去効果が無い場合でも、有毒ガスからのばく露を著しく低減できる可能性を秘めている。

（イ）熱について

溶接作業では、アークによる熱源に近接しているため、熱への対応も考慮する必要がある。

電動ファン付き呼吸用保護具及び送気マスク（肺力吸引形を除く）は、着用者の呼吸域に多量の空気が送気されるため、清涼感が得られる。これは、防じんマスクには無い長所であり、夏場の暑熱対策としても有効である。ただし、寒冷地で電動ファン付き呼吸用保護具を使用する場合は、呼吸する空気が冷た過ぎるという短所もある。これについては、別の対策が課題として残る。

（ウ）スパッタ・火花等について

金属の溶接及び研までは、それぞれ、スパッタ及び火花と呼ばれる高温粒子が発生する。作業者は、これらが眼や皮膚に接触しないようにするために、保護めがね、保護面、前掛け、腕カバーなどの保護具を着用する。さらに、首部をタオルなどで覆う場合が多い。

これらが、呼吸用保護具の性能（特に、密着性）に悪い影響を与えないように使用する必要がある。

③ 防じんマスクの着用に関する問題と改善

防じんマスクを使用した場合の粉じんばく露問題の多くは、防じんマスクの性能が原因しているのではなく、着用に関する問題が原因している場合が多い。

着用に関する問題として、次の２点が挙げられる。

Ⓐ 防じんマスクを装着した際のフィットネス（密着性）が不十分である。

Ⓑ 防じんマスク着用時の息苦しさなどの不快感が原因で、防じんマスクを着用しない。

現時点において、これらについての改善策としては、次の方法が考えられる。

<u>Ⓐに対する改善策</u>

フィットネスが不十分な理由は、

— フィットテストを行っていない

— フィットテストの方法が適切でない

である。

いずれの場合であっても、着用者に対する教育を徹底することによって改善する以外に方法はない。前者については、フィットネスの意味を理解させる必要があり、後者については、フィットテストの具体的な方法を取得させる必要がある。

フィットテストの方法は、防じんマスクのモデル（型式）によって若干異なるので、各防じんマスクの取扱説明書に記載されている方法をよく理解する必要がある。

しかしながら、フィットテストの基本的な方法は共通しており、その内容は、次のとおりである。

防じんマスクの吸気口を塞ぎ（排気口を塞ぐことが指定されているマスクについては、以下の文章の括弧内を参照。）、ゆっくり息を吸ったとき（吐いたとき）、面体の接顔部から空気が流入せずに（流出せずに）、面体が顔に吸い寄せられる（膨らむ）ことが確認できれば、フィットネスが良好であると判断できる。

フィットテストは、要領が分かってしまえば、非常に簡便で、かつ、確実な方法であるが、認識が間違っていると、無意味なことになる。フィットテストの結果を誤認する例として、次のようなものがある。

— 吸気口（又は排気口）を塞ぐ際に、マスクを顔に押し付けてしまい、接顔部に生じていたかもしれない すき間を潰してしまう。
— 勢いよく息を吸う（又は吐く）と、フィットネスが不良であっても面体が動くため、これを良好なフィットネスと勘違いする。

これらを改善するためには、OJT による徹底した教育が必要であると思われる。

フィットネスが良好な状態を維持できれば、防じんマスクの本来の性能は、十分に発揮されるはずである。

Ⓑに対する改善策

呼吸用保護具を着用した場合､少なからず生理的な負担を感じることを否定することはできない。特に、防じんマスクでは、着用者がろ過材を通して吸気するため、その吸気抵抗を「息苦しさ」として不快に感じる人は少なくない。さらに、粉じんの捕集に伴って、ろ過材の吸気抵抗が高くなっていくため、その影響はさらに増加する。このような生理的な影響を理由に、呼吸用保護具の意義を理解しながらも、つい着用を怠るという場合がある。

この問題を改善する一つの方法として、電動ファン付き呼吸用保護具（PAPR）の導入がある。PAPR は、構成品の組み合わせなどによって様々な形態のものが製品化されており、作業内容によって適切なものを選択することができる。ここでは、溶接用に適していると思われるフェイスシールドタイプの例、トンネル工事、石綿除去作業等で使用されている面体タイプの例及び原子力産業等で使用されているフードタイプの例を、それぞれ図 56、図 57 及び図 58 に示す。PAPR は、内蔵する電動ファンが、フィルターでろ過した空気を着用者に送るため、着用者の呼吸への負担は、著しく軽減される。PAPR には、標準形と呼吸補助形の二種類があり、これらは、送風能力の違いによる防護性能の違いとして区分されるが、いずれであっても、防じんマスクに内在する呼吸の負担を

改善することができる。
　溶接作業における粉じんばく露問題の解決には、PAPR の普及が大きな意味をもつものと思われる。

図 56　フェイスシールドタイプの PAPR の例。
溶接面の取り付けや併用が可能な場合が多く、吸気口が着用者の背後にあるため、溶接作業に適している。

(a)

(b)

図 57　面体タイプの PAPR の例
［(a) 半面形面体を使用 (b) 全面形面体使用］。いずれも、トンネル工事、石綿除去作業等で使用されている。溶接作業では、遮光保護具との併用に問題が無ければ、使用することができる。

図 58　フードタイプの PAPR の例
[原子力産業等で使用されている。]

（３）アーク、金属等粉じんに係る健康管理の特性と進め方

① じん肺とは

じん肺とは、「粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化を主体とする疾病をいう」とじん肺法では定義されている。

じん肺には、珪肺、石綿肺などの珪酸塩肺、炭素系じん肺、金属肺などがある（表 16）。

わが国のじん肺の発生は昭和 53 年の「改正じん肺法」以降では、昭和 57 年のじん肺有所見者率 17.4%が最も有所見率が高く、その後は漸減傾向を示し平成 19 年（図 59）のじん肺有所見率は 2.3%となっている。平成 20 年は 1.9%に減少した。

またじん肺の新規有所見者数も昭和 54 年の 7,534 名をピークに漸減傾向にあったが、平成 13 年に新規有所見者は 248 名となってからここ数年間は横ばい状態(図 60）を示している。ちなみに、平成 20 年は 244 名と変化が無かった。

表 17 じん肺の種類

種類	粉じん	好発職場
珪肺　Silicosis	遊離珪酸	金山, 銅山その他鉱山労務. 石切･陶磁器製造業. 鋳物業
石綿肺　asbestosis	石綿	石綿鉱山, 石綿加工(防火服. 防火幕, 電気絶緑材料など)
滑石肺　talcosis	滑石	滑石粉砕. 滑石粉使用(塗料. ゴム. 製紙. 殺虫剤. 陶磁器. 化粧品)
蝋石肺　pyrophyllitosis	蝋石	蝋石るつぼの破砕
珪藻土肺　diatoms pneumoconiosis	珪藻土	珪藻土使用(ダイナマイト製造. 耐火金庫材料. 窯業)
炭坑夫肺　coalminer's pneumoconiosis	石炭	炭坑の採炭. 運搬
炭素肺　carbonーblack pneumoconiosis	カーボンブラック	墨製造
活性炭素肺　active carbon lung	活性炭	活性炭製造工場
黒鉛肺　graphite pneumoconiosis	黒鉛	鉛筆製造, 黒鉛鉱山. 電極製造
鉄肺　siderosis	鉄	鉄材のグラインダー. 仕分け業
溶接工肺　arc welder pneumoconiosis	酸化鉄	溶接作業
硫化鉱肺　pyrite pneumoconiosis	硫化鉱	硫化鉱山. :硫安工場
硫化焼鉱肺　pyrite cinder pneumoconiosis	硫化焼鉱	焼鉱運搬. 処理
アルミニウム肺　aluminium pneumoconiosis	アルミニウム	アルミニウム製造
アルミナ肺　almina pneumoconiosis	アルミナ	アルミ製粉. アルミ再生
ボーキサイト肺　bauxide pneumoconiosis	ボーキサイト	アルミニウムの原鉱ボーキサイト精錬

図 59 粉じんばく露作業者数およびじん肺有所見者数の推移

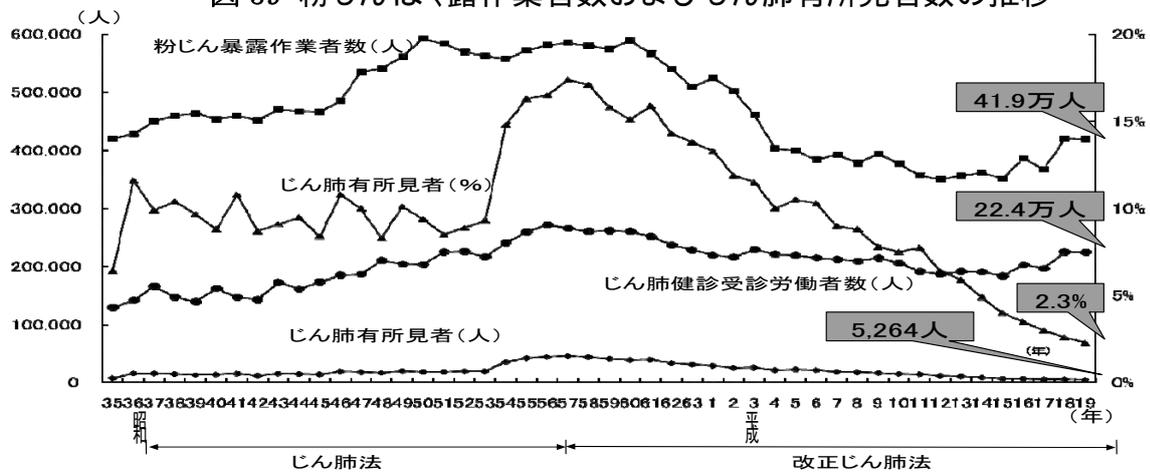
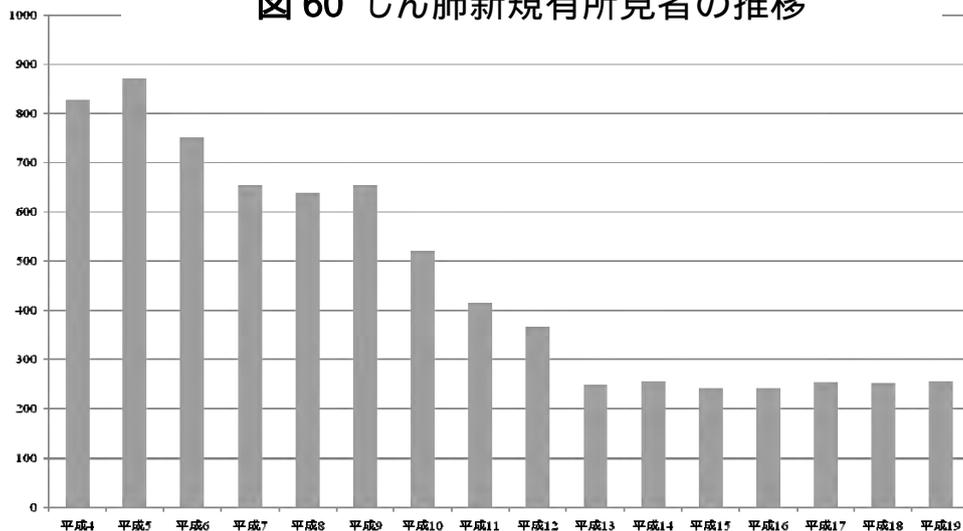



図 60 じん肺新規有所見者の推移

② 溶接工肺の特徴

じん肺によって、肺内に惹起される反応は、粉じんの化学的性質、粉じん粒子の大きさ、粉じんの濃度、粉じんのばく露期間、個人的素因や基礎疾患、喫煙の有無などがあり、鉄肺や溶接工肺の有害度は中等度に分類されている。

溶接作業に従事する作業者のじん肺である溶接工肺（welder’s pneumoconiosis）は酸化鉄（Fe_2O_3）ヒュームを主体とする粉じんを吸入することにより生じる。溶接工肺は、1936 年に Doig らの電気溶接工じん肺により報告された。その後、溶接工肺はレントゲン写真上その陰影が消失したり改善したりする報告があり、比較的線維化を生じにくく、進行性線維化塊状巣（PMF：progressive massive fibrosis）を作らないが、溶接工肺に特徴的な臨床症状はない。

③ 原因となる粉じん

溶接作業では、高温のため気化した金属が空気中で酸化し金属ヒュームが発生する。このヒュームを吸入ばく露することにより溶接工肺となる。溶接ヒュームの主な成分は酸化鉄であるが、被溶接金属（母材）だけで溶接する場合と溶加材を用いる場合がある。母材の成分には、鉄、マンガン、クロム、アルミニウム、チタン、銅、亜鉛、炭素、ケイ素などがある。溶加材の成分は鉄、マンガン、アルミニウム、銅、ケイ素などがある。また溶接の際に使用されるフラックス（融材）の成分は、鉄、マンガン、チタン、ケイ素、フッ素、タルクなどがある。さらに、従来の溶接作業では、火災防止用の防炎シート、ろう付けの架台などでの石綿ばく露に注意が必要である。

④ 溶接工肺の病理

吸入された溶接ヒュームは、大部分が酸化鉄であり、その約５０％は気道から排泄され、残りの５０％が気道や肺胞に沈着する。ヒュームを含む粒子径４μｍ 以下の吸入性粉じんは、特に吸入気の流速が遅くなる終末気管支から呼吸細気管支の領域とその周辺に滞留しやすい。細胞内に過剰な鉄が入ると、生体はフェリチン合成を行い、その中に鉄を封じ込める。さらにフェリチンが過剰になると変性や崩壊が起こり、その崩壊産物である水に不溶のヘモジデリンとなる。肺生検による病理組織所見では、黒褐色のヘモジデリンを貪食した肺胞マクロファージが肺胞内に多数認められる。

⑤ 溶接工肺の胸部 X 線写真

溶接工肺の胸部 X 線写真は、けい肺と比較して肺野全体に広がる非常に淡い粒状影が典型的である。

⑥ 溶接工肺の健康管理

溶接工肺は、通常粉じん吸入後 10 年～20 年以上を経て、胸部Ｘ線上肺に粒状陰影が出現する。粉じんばく露作業者の中には、定年退職時には胸部Ｘ線上じん肺所見がなくても、その後に出現する場合もある。じん肺は粉じんばく露開始後数十年後に出現する例も少なくない。

溶接工肺の健康管理はじん肺法に基づいて実施される健康診断と同様に実施する。

⑦ じん肺健康診断の実際

ア) じん肺健康診断の項目

じん肺法に基づくじん肺健康診断の項目には、

・粉じん作業歴の調査
・胸部に関するＸ線直接撮影
・胸部臨床検査
・肺機能検査
・合併症に関する検査

がある。

イ）じん肺健康診断の種類

じん肺法に基づいて実施される健康診断には、次の 4 種類がある。

（ア）就業時健康診断

粉じん作業に新たに従事することとなった労働者を対象にして、じん肺に罹患しているかどうか、じん肺の程度がどの程度かを把握し、就業上および健康管理での指標を得ることを目的としている。

（イ）定期健康診断

定期健康診断は、じん肺の早期発見とじん肺有所見者の経過の的確な把握を目的とし、下表のように、じん肺管理区分により頻度が異なっている。

粉じん作業従事との関連	じん肺 管理区分	頻　度
常時粉じん作業に従事	1	3年以内ごとに1回
	2,3	1年以内ごとに1回
常時粉じん作業に従事したことがあり、現に非粉じん作業に従事	2	3年以内ごとに1回
	3	1年以内ごとに1回

（ウ）定期外健康診断

次の場合には、労働者に対して、じん肺健康診断を行わなければならないこととなっている。

(a) 常時粉じん作業に従事する労働者（じん肺管理区分が管理2、管理3又は管理4と決定された者を除く。）が安衛法第66条第1項又は第2項の健康診断において、じん肺の所見があり、又はじん肺にかかっている疑いがあると診断されたとき。

(b) 合併症により1年を超えて療養のため休業した労働者が、医師により療養のための休業を要しなくなったと診断されたとき。

(c) 合併症により1年を超えて療養した労働者が、医師により療養を要しなくなったと診断されたとき。（上記（b）に該当する場合を除く。）

(d) 常時粉じん作業に従事させたことのある労働者で、現に粉じん作業以外の作業に常時従事しているもののうち、じん肺管理区分が管理2である労働者が安衛則第44条又は第45条の健康診断（胸部エックス線検査及び喀痰検査に限る。）において肺がんにかかっている疑いがないと診断されたとき以外のとき。

（エ）離職時健康診断

離職の日まで１年を超えて使用していた労働者が当該離職の際にじん肺健康診断を行うように求めたときは、労働者に対して、じん肺健康診断を行わなければならないこととなっている。ただし、下表の労働者については下表のとおりの要件を満たす労働者に対して、じん肺健康診断を行わなければならない。

粉じん作業従事との関連	じん肺 管理区分	直前のじん肺健康診断から離職までの期間
常時粉じん作業に従事	1	1年6月以上
	2,3	6月以上
常時粉じん作業に従事したことがあり、現に非粉じん作業に従事	2,3	6月以上

ウ) じん肺管理区分の決定等について

じん肺健康診断の結果「じん肺の所見あり」とされたものについては、都道府県労働局長あて、そのエックス線写真等を提出し、じん肺管理区分の決定を受けてもらう必要がある。

エ) 健康管理のための措置

じん肺健康診断を行った結果、管理区分が２以上の者については、各管理区分に応じて、「粉じんばく露の低減措置」や「作業転換」の措置が定められている。

オ) じん肺法における合併症

じん肺所見のある場合で以下の６疾病に罹患した場合には、じん肺合併症により要療養となる。

①肺結核、②結核性胸膜炎、③続発性気管支炎、④続発性気管支拡張症、⑤続発性気胸、⑥原発性肺がん

カ） じん肺健康診断実施の徹底

粉じんばく露のある事業場において、じん肺健康診断の実施を徹底させるために、粉じん障害防止対策の必要性の意識啓発を行うことが重要である。また、中小規模事業場に対しては、小規模事業場等団体安全衛生活動援助事業等各種支援事業の利用の勧奨を行うとともに、産業保健推進センター、地域産業保健センターおよび労働衛生コンサルタントの活用を図ることも重要である。

じん肺有所見者に対する健康管理教育に関しては、「じん肺有所見者に対する健康管理教育のためのガイドライン」に基づく教育の徹底を図ることが重要である。

キ） じん肺有所見者の離職後の健康管理

じん肺は不可逆性の病変であり、粉じん作業から離職しても徐々に進行することが多い。このため、管理２、管理３イ、管理３ロで離職（退職）する作業者に対しては、健康管理手帳の交付が行われている。健康管理手帳の交付手続きは、当該労働者が「健康管理手帳交付申請書」に記入し、所要の書類を添付の上、都道府県労働局に届け出ることになっている（健康管理手帳の交付手続きの詳細については、都道府県労働局安全衛生主務課にお問い合わせのこと）。これにより、労働局により指定された医療機関で、年に１度じん肺健康診断を無料で受けることができる。

７．総括と対策

屋外におけるアーク溶接作業及び金属等の研ま作業時の粉じん濃度に係る実態調査結果を次のとおり統括するとともに、粉じんばく露防止対策について取りまとめた。

(1)　総括

ア　屋外における被覆アーク溶接作業、炭酸ガス半自動アーク溶接（手持ちトーチ）作業は、文献調査及び実態調査の結果から、両作業ともに溶接点からの発生粉じん量が多く、作業の方法によっては、屋外測定のガイドラインに基づく、粉じん濃度を個人サンプラーで測定した測定結果の評価が「2」に該当する頻度が高かった。

　粉じんのばく露リスクを増大する要因は、作業時間、作業姿勢、風向、作業場所の換気の状態等があり、これらが単一あるいは複合して影響していた。特に、手持ち工具を使用する作業であって、正確・精密さが求められる場合には、粉じん等の発散源付近に呼吸器が位置する関係にあり、特に注意が必要である。

イ　屋外において手持ち工具を利用して金属を研ます作業については、文献調査の結果では、研ま点からの粉じん発生量は多いものの、屋外測定のガイドラインに基づく、粉じん濃度を個人サンプラーで測定した測定結果の評価では、「2」に該当するものは認められなかった。

　当該粉じんのばく露リスクが増大する要因については、上記アのアーク溶接作業と同様である。また、研ま粉じんの粒度はアークヒュームより大きく沈降もし易く、その粉じんは運動エネルギーが高いことから、粉じん粒径の大きなもの程、作業者から遠方に飛散することが特徴であった。

ウ　屋外でのガス溶断及びガウジング作業については、作業原理等からヒュームや粉じんの発生量は多いものと予想されるが、作業の方法によっては、粉じん濃度の測定結果の評価が「１」となることがわかった。

　この両者の粉じんばく露リスクを増大する要因は、アーク溶接作業と同様であることに加えて、溶融金属等が燃焼ガス圧やブローイングガスにより、一定方向に飛散する性質を持っている。

エ　岩石を穿孔・削孔する作業にあっては、調査対象が遊離けい酸含有率が高い岩石であったため、粉じん濃度を個人サンプラーで測定した測定結果の評価では、すべての測定例が「2」に該当した。

　当該粉じんのばく露リスクが増大する要因については、上記アのアーク溶接作業と同様である。

オ　屋外測定のガイドラインに基づく、個人サンプラーによる粉じん濃度の測定対象者について、呼吸用保護具の着用・管理・保管状況について聞き取りを行った。

　アーク溶接作業、金属等の研ま作業等の際には、全ての者が防じんマスクを着用して

いた。一部の事業場においては給・排気弁の劣化、面体変形等、例外的に不適切なことが認められたが、防じんマスクの機能の維持のため、管理・保管・使用時チェック等は概ね良好であった。

(2)　作業別粉じん障害防止対策について

屋外におけるアーク溶接作業及び金属等の研ま作業等について、個人サンプラーによる粉じん濃度測定を中心に労働衛生管理の実態を調査してきた。調査の対象は、アーク溶接（炭酸ガス半自動、被覆)、ガス溶断、ガウジング、金属研ま、岩石の穿孔・削孔作業である。

これらについての調査の結果を粉じん障害のリスクレベル別に分け、今後の労働衛生管理に必要と考えられる対策を以下に提案することとする。

＜アーク溶接作業、ガス溶断作業、ガウジング作業＞

・調査の結果、個人サンプラーによる粉じん濃度測定結果の評価「２」のものもあり、評価「１」であっても、粉じんの１０分間移動平均値を見ると、管理濃度を超える時間帯が認められた。そのため、送・排気による換気等衛生工学的対策について、先ず検討するとともに、衛生工学的な対策においても不十分な場合には、所定の有効な呼吸用保護具を着用することが必要である。

＜金属研ま、コンクリート研ま（平成 20 年度実施）作業＞

・昨年度（平成 20 年度）の調査研究を含め、調査した作業場所がすべてが評価「１」であり、１０分間移動平均値においても、管理濃度を超えることがないため、従前どおりじん肺健康診断を実施し、粉じん障害の早期発見に努めることが必要である。
・なお、コンクリート研ま作業の常時従事者は、従前よりじん肺健康診断の受診が法令によって規定されているので、今後もじん肺健康診断を実施し、粉じん障害の早期発見に努めることが必要である。

＜岩石等の穿孔・削孔作業＞

・調査の結果の全てが評価「２」であり、遊離けい酸含有率から算出した管理濃度が非常に低いこともあり、衛生工学的な対策を導入しても、粉じん濃度を管理濃度未満に低減することが容易ではないことから、呼吸用保護具を着用することが不可欠である。
・ また、粉じんの有害性を考慮すると、面体内圧力が陽圧に維持できる電動ファン付き呼吸用保護具の使用も選択肢の一つになる。
・さらに、じん肺健康診断の実施も法令により必要である。

なお、屋外作業を対象としてはいないが、アーク溶接作業の作業環境管理について、平成18年2月 20 日付け基安発 0220001 号「アーク溶接作業における粉じん障害防止のための工学的対策の推進について」の別添で解説しており、粉じんばく露防止対策を検討する際に、参考となるため、参考資料として添付した。

参　考　資　料

屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドラインについて

改正履歴

基発第0331017号
平成17年3月31日

都道府県労働局長　殿

厚生労働省労働基準局長

屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドラインについて

労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)等に基づき、屋内作業場等について行う作業環境測定及びその結果の評価に基づく作業環境管理については、労働者の健康確保のための手法として定着し、重要な役割を果たしているところである。しかしながら、屋外作業場等については、屋内作業場等と同様に有害物質等へのばく露による健康障害の発生が認められているものの、屋外作業場等に対応した作業環境の測定の結果の評価手法が確立されていないことから、適切な作業環境管理が行われていない現状にある。

このため、労働安全衛生法第6条に基づき、平成15年3月24日に策定された第10次労働災害防止計画においては、屋外作業場における有害な化学物質へのばく露の低減を図ることが重点事項とされており、屋外作業場等の作業環境を的確に把握し、その結果に基づいた作業環境の管理を推進する必要がある。

今般、別添1のとおり「屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドライン」を策定したので、関係事業者に対し、本ガイドラインの周知徹底を図るとともに、本ガイドラインによる屋外作業場等における作業環境管理の推進に努められたい。

なお、関係団体に対し、別添2のとおり要請を行ったので、了知されたい。

別添1

屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドライン

1 趣旨
本ガイドラインは、有害な業務を行う屋外作業場等について、必要な作業環境の測定を行い、その結果の評価に基づいて、施設又は設備の設置又は整備その他の適切な措置を講ずることにより、労働者の健康を保持することを目的とする。
なお、本ガイドラインは、有害な業務を行う屋外作業場等について、事業者が構ずべき原則的な措置を示したものであり、事業者は、本ガイドラインを基本としつつ、事業場の実態に即して、有害な業務を行う屋外作業場等における労働者の健康を保持するために適切な措置を積極的に講ずることが望ましい。

2 屋外作業場等における作業環境管理の基本的な考え方
屋外作業場等においては、屋内作業場等と同様に有害物質等へのばく露による健康障害の発生が認められているため、屋外作業場等の作業環境を的確に把握し、その結果に基づいた作業環境の管理が求められているところである。
しかしながら、屋外作業場等については、自然環境の影響を受けやすいため作業環境が時々刻々変化することが多く、また、作業に移動を伴うことや、作業が比較的短時間であることも多いことから、屋内作業場等で行われている定点測定を前提とした作業環境測定を用いることは適切でないとされ、屋外作業場等における作業環境の測定は、一部の試験的な試みのほかは実施されていなかったところである。
厚生労働省では、屋外作業場等の作業環境の測定及びその結果の評価に基づく適正な管理のあり方について調査検討を進めてきたところであるが、今般、「屋外作業場等における測定手法に関する調査研究委員会報告書」がまとめられ、屋外作業場等については個人サンプラー(個人に装着することができる試料採取機器をいう。以下同じ。)を用いて作業環境の測定を行い、その結果を管理濃度の値を用いて評価する手法が提言されたところである。屋外作業場等における作業環境管理を行うには、この手法が現在では最も適当であることから、今後は、この手法による作業環境管理の推進を図ることとしたものである。

3 作業環境の測定の対象とする屋外作業場等
屋外作業場等とは、労働安全衛生法等において作業環境測定の対象となっている屋内作業場等以外の作業場のことであり、具体的には、屋外作業場(建家の側面の半分以上にわたって壁等の遮へい物が設けられておらず、かつ、ガス・粉じん等が内部に滞留するおそれがない作業場を含む。)のほか、船舶の内部、車両の内部、タンクの内部、ピットの内部、坑の内部、ずい道の内部、暗きょ又はマンホールの内部等とする。
測定は、以下の屋外作業場等であって、当該屋外作業場等における作業又は業務が一定期間以上継続して行われるものについて、行うものとする。なお、「一定期間以上継続して行われる」作業又は業務には、作業又は業務が行われる期間が予定されるもの、1回当たりの作業又は業務が短時間であっても繰り返し行われるもの、同様の作業又は業務が場所を変えて(事業場が異なる場合も含む。)繰り返し行われるものを含むものとする。

(1)土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じんを著しく発散する屋外作業場等で、常時特定粉じん作業(粉じん障害予防規則(昭和54年労働省令第18号)第2条第1項第3号の特定粉じん作業をいう。以下同じ。)が行われるもの
(2)労働安全衛生法施行令(昭和47年政令第318号。以下「令」という。)別表第3第1号若しくは第2号に掲げる特定化学物質を製造し、若しくは取り扱う屋外作業場等又は石綿等(令第6条第23号の石綿等をいう。)を取り扱い、若しくは試験研究のため製造する屋外作業場等((5)に掲げるものを除く。)
(3)令別表第4第1号から第8号まで、第10号又は第16号に掲げる鉛業務(遠隔操作によって行う隔離室におけるものを除く。)を行う屋外作業場等
(4)令別表第6の2第1号から第47号までに掲げる有機溶剤業務(有機溶剤中毒予防規則(昭和47年労働省令第36号)第1条第1項第6号の有機溶剤業務をいう。)のうち、同規則第3条第1項の場合における同項の業務以外の業務を行う屋外作業場等((5)に掲げるものを除く。)
(5)労働安全衛生法第28条第3項の規定に基づき厚生労働大臣が定める化学物質(平成3年労働省告示第57号)に定められた化学物質について、労働安全衛生法第28条第3項の規定に基づく健康障害を防止するための指針に基づき、作業環境の測定等を行うこととされている物を製造し、又は取り扱う屋外作業場等

(注)(1)から(4)までは、令第21条第1号、第7号、第8号及び第10号中「屋内作業場」を「屋外作業場等」とし、省令に委任されている内容を明確化したものである。この場合において、特定粉じん作業の定義の中に「屋内」等の語が含まれるものがあるが、適宜「屋外」等と読み替えるものとする。

ただし、上記(1)の作業又は業務のうち、ずい道等建設工事の粉じんの測定については、平成12年12月26日付け基発第768号の2「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」第3の4(1)に示されている「粉じん濃度等の測定」による。

4　作業環境の測定の実施
　測定は、以下に定めるところにより、屋外作業場等において取り扱う有害物質の濃度が最も高くなる作業時間帯において、高濃度と考えられる作業環境下で作業に従事する労働者に個人サンプラーを装着して行う。測定の実施には、個人サンプラーの取扱い等について専門的な知識・技術を必要とすることから、作業環境測定士等の専門家の協力を得て実施することが望ましい。
(1)測定頻度
　測定は、作業の開始時及び1年以内ごとに1回、定期に行うこと。ただし、原料、作業工程、作業方法又は設備等を変更した場合は、その都度その直後に1回測定すること。
(2)測定方法
ア　測定点
　測定の対象となる物質を取り扱う労働者は、その周辺にいる労働者よりも高濃度の作業環境下で作業に従事していると考えられることから、測定点は、当該物質を取り扱う労働者全員の呼吸域(鼻又は口から30cm以内の襟元、胸元又は帽子の縁をいう。以下同じ。)とし、当該呼吸域に個人サンプラーを装着すること。ただし、作業環境測定士等の専門家の協力を得て実施する場合には、その専門家の判断により測定点の数を減らすことができる。
イ　測定時間
　測定点における試料空気の採取時間は、別表第1に掲げる管理濃度又は基準濃度(以下「管理濃度等」という。)の10分の1の濃度を精度良く測定でき、かつ、生産工程、作業方法、当該物質の発散状況等から判断して、気中濃度が最大になる時間帯を含む10分間以上の継続した時間とすること。
ウ　試料採取方法及び分析方法
　試料採取方法及び分析方法は、測定の対象となる物質の種類に応じて作業環境測定基準(昭和51年労働省告示第46号)に定める試料採取方法及び分析方法とすること。ただし、上記3の(5)に係る化学物質の試料採取方法及び分析方法は、別表第2に掲げる物の種類に応じて、同表中欄に掲げる試料採取方法又はこれと同等以上の性能を有する試料採取方法及び同表右欄に掲げる分析方法又はこれと同等以上の性能を有する分析方法とすること。
　なお、拡散式捕集方法(パッシブサンプラー)等の他の方法であっても、管理濃度等の10分の1の濃度を精度良く測定できる場合は、当該方法によることができる。

5　作業環境の測定の結果及びその評価並びに必要な措置
(1)作業環境の測定の結果及びその評価に基づく必要な措置については、衛生委員会等において調査審議するとともに、関係者に周知すること。
(2)作業環境の測定の結果の評価は、各測定点ごとに、測定値と管理濃度等とを比較して、測定値が管理濃度等を超えるか否かにより行うこと。
　評価の結果、測定値が管理濃度等を1以上の測定点で超えた場合には、次の措置を講ずること。
ア　直ちに、施設、設備、作業工程又は作業方法の点検を行い、その結果に基づき、施設又は設備の設置又は整備、作業工程又は作業方法の改善その他作業環境を改善するため必要な措置を講じ、当該場所の測定値が管理濃度等を超えないようにすること。
イ　測定値が管理濃度等を超えた測定点については、必要な措置が講じられるまでは労働者に有効な呼吸用保護具を使用させるほか、その他労働者の健康の保持を図るため必要な措置を講じること。
ウ　上記アによる措置を講じたときは、その効果を確認するため、上記4によりあらためて測定し、その結果の評価を行うこと。
　また、管理濃度等の設定されていない物質については、作業場の気中濃度を可能な限り低いレベルにとどめる等ばく露を極力減少させることを基本として管理すること。

6　作業環境の測定の結果及びその評価の記録の保存
(1)測定結果
ア　記録事項
　測定を行ったときは、その都度次の事項を記録すること。
(ア)測定日時
(イ)測定方法
(ウ)測定箇所
(エ)測定条件
(オ)測定結果
(カ)測定を実施した者の氏名
(キ)測定結果に基づいて労働者の健康障害の予防措置を講じたときは、その措置の概要
イ　記録の保存
　記録の保存については、次のとおりとする。
(ア)上記3の(1)に係る測定については7年間。
(イ)上記3の(2)に係る測定については3年間。
　ただし、令別表第3第1号1、2若しくは4から7までに掲げる物若しくは同表第2号4から6まで、8、12、14、15、19、24、26、29、30、31の2若しくは32に掲げる物に係る測定並びにクロム酸等(特定化学物質障害予防規則(昭和47年労働省令第39号)第36条第3項に規定するクロム酸等をいう。以下同じ。)を製造する作業場及びクロム酸等を鉱石から製造する事業場においてクロム酸等を取り扱う作業場について行った令別表第3第2号11又は21に掲げる物に係る測定については30年間、石綿に係る測定については40年間。
(ウ)上記3の(3)に係る測定については3年間。
(エ)上記3の(4)に係る測定については3年間。
(オ)上記3の(5)に係る測定については30年間。

(2)測定結果の評価

ア　記録事項

評価を行ったときは、その都度次の事項を記録すること。

(ア)評価日時

(イ)評価箇所

(ウ)評価結果

(エ)評価を実施した者の氏名

イ　記録の保存

記録の保存については、次のとおりとする。

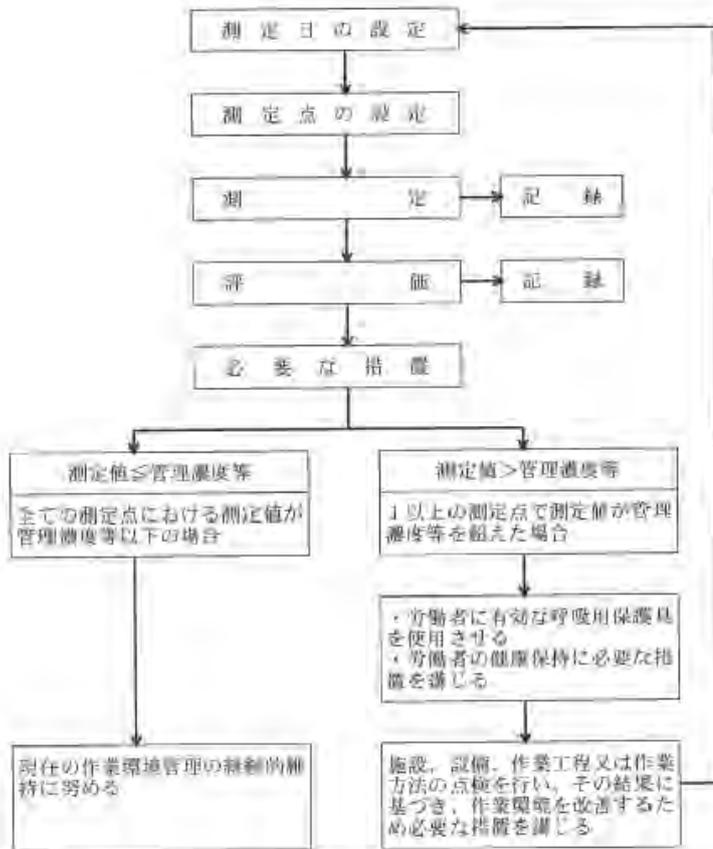
(ア)上記3の(1)に係る評価については7年間。

(イ)上記3の(2)に係る評価については3年間。

ただし、令別表第3第1号6に掲げる物若しくは同表第2号4から6まで、14、15、19、24、29、30若しくは31の2に掲げる物に係る評価並びにクロム酸等を製造する作業場及びクロム酸等を鉱石から製造する事業場においてクロム酸等を取り扱う作業場について行った令別表第3第2号11又は21に掲げる物に係る評価については30年間、石綿に係る測定については40年間。

(ウ)上記3の(3)に係る評価については3年間。

(エ)上記3の(4)に係る評価については3年間。

(オ)上記3の(5)に係る評価については30年間。

屋外作業場等における作業環境管理のフローシート

別表（第二条関係）

物の種類	管理濃度
一　土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じん	次の式により算定される値 　E＝3.0／（1.19Q＋1） この式において、E及びQは、それぞれ次の値を表すものとする。 E　管理濃度（単位　mg／m^3） Q　当該粉じんの遊離けい酸含有率（単位　パーセント）

備考　この表の右欄の値は、温度 25 度、1 気圧の空気中における濃度を示す。
　　　この表の左欄の物の種類は、2 アクリルアミドから 98 2－ブテナールを省略した。

(注)表に掲げる管理濃度等とは、作業環境評価基準(昭和63年労働省告示第79号)の別表に掲げる管理濃度及び労働安全衛生法第28条第3項の規定に基づく健康障害を防止するための指針に基づき作業環境の測定の結果を評価するために使用する基準濃度をいう。